

DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AEROESPACIAL
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE AERONÁUTICA



PROGRAMAS DE PÓS-GRADUAÇÃO *STRICTO SENSU*

CATÁLOGO 2025

São José dos Campos – SP

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

INFORMAÇÃO CATALOGRÁFICA

Instituto Tecnológico de Aeronáutica
Catálogo dos Programas de Pós-Graduação *Stricto Sensu*
2025
São José dos Campos, 2025
1. Pós-Graduação – Catálogo 2. Engenharia
CDU 378(058)

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

DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AEROESPACIAL

Diretor Geral

Ten Brig. Ricardo Augusto Fonseca Neubert

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE AERONÁUTICA

Reitor

Antonio Guilherme de Arruda Lorenzi

Vice-Reitora

Emília Villani

Pró-Reitor de Pós-Graduação

André Valdetaro Gomes Cavalieiri

Chefe da Divisão de Pós-Graduação e Pesquisa

Mariano Andrés Arbelo

Chefe da Divisão de Educação Continuada

Wayne Leonardo Silva de Paula

PROGRAMAS DE PÓS-GRADUAÇÃO ACADÊMICOS

Engenharia Aeronáutica e Mecânica

Rafael Thiago Luiz Ferreira

Engenharia Eletrônica e Computação

Gabriela Werner Gabriel

Engenharia de Infraestrutura Aeronáutica

José Antonio Schiavon

Física

Odilon Lourenço da Silva Filho

Ciências e Tecnologias Espaciais

Francisco Bolivar Correto Machado

Pesquisa Operacional

Mariá Cristina Vasconcelos Nascimento Rosset

PROGRAMAS DE PÓS-GRADUAÇÃO PROFISSIONAIS

Engenharia Aeronáutica

Flávio Luiz de Silva Bussamra

Segurança de Aviação e Aeronavegabilidade Continuada

Evandro José da Silva

Computação de Missão Crítica

Inaldo Capistrano Costa

Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia para Inovação

Sueli Sampaio Damin Custódio

Sumário

1. INTRODUÇÃO	1
2. PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO – IP	1
3. ENGENHARIA AERONÁUTICA E MECÂNICA (PG/EAM)	3
3.1 Áreas de Concentração e Linhas de Pesquisa.....	3
3.2 Coordenador e Representantes de Área.....	3
3.3 Corpo Docente do PG/EAM.....	3
3.3.1 Corpo Docente Permanente	3
3.4 Disciplinas do PG/EAM	8
3.4.1 EAM-1- Projeto Aeronáutico, Estruturas e Sistemas Aeroespaciais.....	8
3.4.2 EAM-2 - Propulsão Aeroespacial e Energia.....	10
3.4.3 EAM-3 - Materiais, Manufatura e Automação.....	11
3.5 EMENTAS	13
4. ENGENHARIA ELETRÔNICA E COMPUTAÇÃO (PG/EEC).....	70
4.1 Áreas de Concentração e Linhas de Pesquisa.....	70
4.2 Coordenador e Representantes de Área.....	72
4.3 Corpo Docente	72
4.3.1 Corpo Docente Permanente	72
4.3.2 Corpo Docente Colaborador	77
4.4 Disciplinas	78
4.4.1 Dispositivos e Sistemas Eletrônicos - PG/EEC-D	78
4.4.2 Informática - PG/EEC-I	79
4.4.3 Micro-ondas e Optoeletrônica - PG/EEC-M	80
4.4.4 Sistemas e Controle - PG/EEC-S	81
4.4.5 Telecomunicações - PG/EEC-T	81
4.5 EMENTAS	83
5. ENGENHARIA DE INFRAESTRUTURA AERONÁUTICA (PG/EIA)	124
5.1 Áreas de Concentração e Linhas de Pesquisa.....	124
5.2 Coordenador e Representantes de Área.....	126
5.3 Corpo Docente	126
5.3.1 Corpo Docente Permanente	126
5.3.2 Corpo Docente Colaborador	128
5.4 Disciplinas	128
5.4.1 Infraestrutura Aeroportuária - PG/EIA-I	128
5.4.2 Transporte Aéreo e Aeroportos - PG/EIA-T	130
5.5 EMENTAS	131
6. FÍSICA (PG/FIS)	147
6.1 Áreas de Concentração e Linhas de Pesquisa.....	147
6.2 Coordenador e Representantes de Área.....	148
6.3 Corpo Docente	148
6.3.1 Corpo Docente Permanente	148
6.4 Disciplinas	150
6.4.1 Física de Plasmas - PG/FIS-P	150
6.4.2 – Física Atômica e Molecular - PG/FIS-A	151
6.4.3 - Física Nuclear - PG/FIS-N	153
6.4.4 – Física Dinâmica Não Linear e Sistemas Complexos – PG/FIS-C	154
6.5 EMENTAS	156

7 CIÊNCIAS E TECNOLOGIAS ESPACIAIS (PG/CTE)	170
7.1 Áreas de Concentração e Linhas de Pesquisa.....	170
7.2 Coordenador e Representantes de Área.....	171
7.3 Corpo Docente.....	172
7.3.1 Corpo Docente Permanente	172
7.3.2 Corpo Docente Colaborador	178
7.4 Disciplinas	179
7.4.1 Sistemas Espaciais, Ensaios e Lançamentos – PG/CTE-E	179
7.4.2 Física e Matemática Aplicadas – PG/CTE –F	180
7.4.3 Gestão Tecnológica – PG/CTE-G	181
7.4.4 Propulsão Espacial e Hipersônica – PG/CTE-P	182
7.4.5 Química dos Materiais – PG/CTE-Q	183
7.4.6 Sensores e Atuadores Espaciais – PG/ CTE-S	185
7.5 EMENTAS	186
8. PESQUISA OPERACIONAL (PG/PO)	241
8.1 Áreas de Concentração e Linhas de Pesquisa.....	242
8.2 Coordenador	243
8.3 Corpo Docente.....	243
8.3.1 Corpo Docente Permanente	243
8.3.2 Professor Colaborador	244
8.4 Disciplinas	245
8.5 Ementas	246
9. CURSOS DE MESTRADO PROFISSIONAL.....	259
9.1 MESTRADO PROFISSIONAL EM ENGENHARIA AERONÁUTICA (MP/AER).....	259
9.1.1 Estrutura Curricular	261
9.1.2 EMENTAS	262
9.2 - MESTRADO PROFISSIONAL EM SEGURANÇA DE AVIAÇÃO E AERONAVEGABILIDADE CONTINUADA (MP/SAFETY)	284
9.2.1 Estrutura Curricular	285
9.2.2 Corpo Docente Permanente	286
9.2.3 Corpo Docente Colaborador	286
9.2.4 EMENTAS	287
9.3 - MESTRADO PROFISSIONAL EM COMPUTAÇÃO DE MISSÃO CRÍTICA (MP/COMP)	301
9.3.1 Estrutura Curricular	302
9.3.2 EMENTAS - MP-COMP.....	303
9.4 - PROPRIEDADE INTELECTUAL E TRANFERÊNCIA DE TECNOLOGIA PARA INOVAÇÃO (MP/PROFNIT)	310
9.4.1 Estrutura Curricular	311
9.4.2 EMENTAS	312
9.4.3 Corpo Docente.....	315
10 Lista Completa de Disciplinas e os Respectivos Professores	317

1. INTRODUÇÃO

O Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA) é uma instituição universitária pública ligada ao Comando da Aeronáutica (COMAER). É parte do Departamento de Ciência e Tecnologia Aeroespacial (DCTA), e está localizado na cidade paulista de São José dos Campos. Especializado nas áreas de ciência e tecnologia para o Setor Aeroespacial, o ITA oferece Cursos de Graduação em Engenharia, Cursos de Pós-Graduação *Stricto Sensu*, nos níveis de Mestrado e Doutorado acadêmicos e de Mestrado Profissional, e Cursos de Pós-Graduação Lato Sensu, nos níveis de Especialização e Aperfeiçoamento.

O ITA foi criado pelo Decreto no 27.695, de 16 de janeiro de 1950, e é definido pela Lei nº 2.165, de 05 de janeiro de 1954, com a seguinte missão:

- Ministrar o ensino e a educação necessários à formação de profissionais de nível superior, nas especializações de interesse do campo Aeroespacial, em geral, e do Comando da Aeronáutica, em particular;
- Manter atividades de Graduação, de Pós-Graduação *Stricto Sensu*, de Pós-Graduação Lato Sensu e de Extensão;
- Promover, através da educação, do ensino e da pesquisa, o progresso das ciências e das tecnologias relacionadas com as atividades aeroespaciais.

2. PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO – IP

A Pró-Reitoria de Pós-Graduação (IP) é responsável pelos cursos de Pós-Graduação *Stricto* e *Lato Sensu*, que compreendem disciplinas e atividades de pesquisa.

Para o exercício de funções executivas, a Pró-Reitoria de Pós-Graduação contém três divisões: a Divisão de Pós-Graduação e Pesquisa (IP-PG), responsável pelos Programas de Pós-Graduação acadêmicos, a Divisão de Educação Continuada (IP-EC), responsável pelos Programas de Pós-Graduação Profissionais e pelos Cursos de Especialização e Extensão, e a Divisão de Aplicações Operacionais em Defesa (IP-AO), responsável pelo Programa de Pós-Graduação em Aplicações Operacionais (PPGAO).

Para o exercício de funções normativas, a Pró-Reitoria de Pós-Graduação conta com o Conselho de Pós-Graduação e Pesquisa (CPG), que é composto pelo pró-reitor, pelos chefes de suas divisões, pelos coordenadores dos Programas de Pós-Graduação, pelo coordenador do Programa de Atividades de Iniciação Científica e Tecnológica (PAIC) e por um representante discente. Cada programa de Pós-Graduação conta ainda com seu próprio conselho, composto pelo coordenador do Programa, pelos Representantes de suas áreas de concentração e por um Representante discente.

Os Programas de Pós-Graduação oferecidos pelo ITA e suas respectivas áreas de concentração estão relacionados a seguir.

PROGRAMAS DE PÓS-GRADUAÇÃO ACADÊMICOS:

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)

Engenharia Eletrônica e Computação (PG/EEC)

- Dispositivos e Sistemas Eletrônicos (EEC-D)
- Informática (EEC-I)
- Micro-ondas e Optoeletrônica (EEC-M)
- Sistemas e Controle (EEC-S)
- Telecomunicações (EEC-T)

Engenharia de Infraestrutura Aeronáutica (PG/EIA)

- Infraestrutura Aeroportuária (EIA-I)
- Transporte Aéreo e Aeroportos (EIA-T)

Física (PG/FIS)

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

Ciências e Tecnologias Espaciais (PG/CTE)

- Sistemas Espaciais, Ensaios 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)

Pesquisa Operacional (PG/PO)

O PG-PO é um programa de área de concentração única.

PROGRAMAS DE PÓS-GRADUAÇÃO PROFISSIONAIS:

Engenharia Aeronáutica (MP/AER)

- Área de Estrutura
- Área de Sistemas
- Área de Manufatura
- Área de Manutenção

Segurança de Aviação e Aeronavegabilidade Continuada (MP/SAFETY)

- Sistemas de Gestão de Segurança de Aviação
- Tecnologia Aeronáutica e Segurança de Sistemas Aeronáuticos

Computação de Missão Crítica (MP/COMP)

- Sistemas de Computação
- Metodologias de Computação

Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia para Inovação (MP/PROFNIT)

- Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia para Inovação em Núcleos de Inovação Tecnológica (NITS)

3. ENGENHARIA AERONÁUTICA E MECÂNICA (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.

3.1 Áreas de Concentração e Linhas de Pesquisa

As atividades de ensino e pesquisa do PG-EAM encontram-se agrupadas nas áreas de concentração e linhas de pesquisa listadas a seguir.

Projeto Aeronáutico, Estruturas e Sistemas Aeroespaciais (EAM-1)

Aerodinâmica, aeroelasticidade e aeroacústica; sistemas aeroespaciais, mecânica e controle de voo; compósitos avançados e estruturas aeroespaciais; projeto aeronáutico integrado e otimização multidisciplinar (MDO).

Propulsão Aeroespacial e Energia (EAM-2)

Combustão e propulsão de aviões e veículos aeroespaciais; projeto e tecnologia de turbinas a gás; análise de sistemas térmicos e mecânica dos fluídos; energia renovável; heliotérmica e fotovoltaica, eólica, biomassa; energia convencional; petróleo e gás natural; célula a combustível, hidrogênio, refrigeração e ar condicionado, trocadores de calor.

Materiais, Manufatura e Automação (EAM-3)

Processos de fabricação; Processamento e caracterização de materiais; Materiais avançados; Mecatrônica; Automação industrial e Indústria 4.0.

3.2 Coordenador e Representantes de Área

Coordenador do EAM	Rafael Thiago Luiz Ferreira
Representante do EAM-1	Flávio Luiz Cardoso Ribeiro
Representante do EAM-2	Izabela Batista Henriques
Representante do EAM-3	Rene Francisco Boschi Gonçalves

3.3 Corpo Docente

3.3.1 Corpo Docente Permanente

Airton Nabarrete, EAM-1

Dinâmica de Estruturas, Estruturas Inteligentes e de Materiais Compósitos, Análise Modal Experimental.
(e-mail: airton.nabarrete@gp.ita.br)

Alfredo Rocha de Faria, EAM-1

Otimização Estrutural, Estruturas Inteligentes; Estruturas de Materiais compósitos.
(e-mail: alfredo.faria@gp.ita.br)

Ana Maria Gómez Marín, EAM-2

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: ana.marin@gp.ita.br)

Anderson Vicente Borille, EAM-3

Processos de fabricação, usinagem e processos de manufatura aditiva.
(e-mail: anderson.borille@gp.ita.br)

André da Silva Antunes, EAM-3

Engenharia de Materiais e Metalúrgica, com ênfase em Metalurgia Física
(e-mail: andre.antunes@gp.ita.br)

André Fernando de Castro da Silva, EAM-1

Engenharia Aeronáutica, Aerodinâmica.
(e-mail: andre.castro@gp.ita.br)

André Valdetaro Gomes Cavalieri, EAM-1

Engenharia Aeronáutica, com ênfase em Aeroacústica, Instabilidade Hidrodinâmica e Turbulência.
(e-mail: andre.cavalieri@gp.ita.br)

Antônio Bernardo Guimarães Neto, EAM-1

Mecânica do Voo de Aeronaves Flexíveis e em Aeroelasticidade Aplicada.
(e-mail: antonio.guimaraes@gp.ita.br)

Argemiro Soares da Silva Sobrinho, EAM-3

Processamento de Materiais a Plasma
(e-mail: argemiro.sobrinho@gp.ita.br)

Carlos Alberto Alves Cairo, EAM-3

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)

Cleverson Bringhenti, EAM-2

Turbinas a gás e seus componentes: Desempenho, deterioração, simulação;
Turbomáquinas.
(e-mail: cleverson.bringhenti@gp.ita.br)

Cristiane Aparecida Martins, EAM-2

Combustão e Propulsão.
(e-mail: cristiane.martins@gp.ita.br)

Davi Antônio dos Santos, EAM-1

Sistemas e Controle.
(e-mail: davi.santos@gp.ita.br)

Domingos Alves Rade, EAM-1
Dinâmica Estrutural, Estruturas Inteligentes
(e-mail: domingos.rade@gp.ita.br)

Douglas Marcel Gonçalves Leite, EAM-3
Engenharia de Materiais e Metalúrgica, Materiais Não-Metálicos.
(e-mail: douglas.leite@gp.ita.br)

Elisan dos Santos Magalhães, EAM-2
Mecânica dos Fluidos, Transferência de Calor, Otimização, CFD, simulação em GPUs.
(e-mail: elisan.magalhaes@gp.ita.br)

Emília Villani, EAM-3
Mecatrônica; Sistemas a Eventos Discretos; Sistemas Híbridos e Automação Industrial.
(e-mail: emilia.villani@gp.ita.br)

Flávio Luiz Cardoso Ribeiro, EAM-1
Engenharia Aeroespacial, modelagem e controle de sistemas fluido-estrutura, aeroelasticidade, dinâmica de vôo, estabilidade dinâmica e aeronaves flexíveis.
(e-mail: flavio.ribeiro@gp.ita.br)

Flávio Luiz de Silva Bussamra, EAM-1
Estruturas Aeroespaciais, elementos finitos, estruturas muito flexíveis, mecânica dos sólidos.
(e-mail: flavio.bussamra@gp.ita.br)

Gilberto Petraconi Filho, EAM-3
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: gilberto.petraconi@gp.ita.br)

Gilmar Patrocílio Thim, EAM-3
Materiais Cerâmicos, Cinética da Transformação de Fases.
(e-mail: gilmar.thim@gp.ita.br)

Guilherme Borges Ribeiro, EAM-2
Engenharia Mecânica com ênfase em Engenharia Térmica.
(e-mail: guilherme.ribeiro@gp.ita.br)

Izabela Batista Henriques, EAM-2
Engenharia Mecânica, com ênfase em Engenharia Térmica.
(e-mail: izabela.henriques@gp.ita.br)

Jefferson de Oliveira Gomes, EAM-3
Máquinas de Usinagem e Conformação; Processos de Fabricação, Seleção Econômica; Máquinas, Motores e Equipamentos; Controle Numérico; Robotização; Avaliação de Projetos.
(e-mail: jefferson.gomes@gp.ita.br)

Jesuino Takachi Tomita, EAM-2

Turbomáquinas; Turbinas a Gás; Propulsão; Dinâmica dos Fluídos Computacional; Aero-termodinâmica; Métodos Numéricos.
(e-mail: jesuino.takachi@gp.ita.br)

João Henrique Lopes, EAM-3

Química, Biomateriais.
(e-mail: joao.lopes@gp.ita.br)

Jorge Otubo, EAM-3

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

José Atílio Fritz Fidel Rocco, EAM-3

Propulsão Química; Explosivos e Pirotecnia.
(e-mail: jose.fritz@gp.ita.br)

Kahl Dick Zilnyk, EAM-3

Transformações de fase, aços e ligas ferrosas, metalurgia do pó, manufatura aditiva e caracterização de materiais.
(e-mails: kahl.zilnyk@gp.ita.br)

Leila Ribeiro dos Santos, EAM-2

Combustão e escoamento com reações químicas; Espectroscopia
(e-mail: leila.ribeiro@gp.ita.br)

Luís Gonzaga Trabasso, EAM-3

Projeto de Sistemas Mecatrônicos; Sistemas de Visão Computacional; Automação da Manufatura; Engenharia Simultânea; CAD/CAE/CAM.
(e-mail: luis.gonzaga@gp.ita.br)

Luiz Arthur Gagg Filho, EAM-1

Engenharia Aeronáutica e Mecânica.
(e-mail: luiz.gagg@gp.ita.br)

Luiz Carlos Sandoval Góes, EAM-1

Mecatrônica; Modelagem; Identificação e Controle de Sistemas Aeroespaciais; Controle Ativo de Estruturas Flexíveis; Robótica.
(e-mail: luiz.goes@gp.ita.br)

Luiz Cláudio Pardini, EAM-3

Materiais Compósitos- IAE/DCTA.
(e-mail: pardini@iae.cta.br)

Maísa de Oliveira Terra, EAM-1

Trajetórias espaciais modernas; dinâmica não linear em mecânica orbital.
(e-mail: maisa.terra@gp.ita.br)

Marcelo José Santos de Lemos, EAM-2

Mecânica dos Fluídos Computacional; Transferência de Calor; Simulação de Sistemas Térmicos e Turbo-Máquinas.
(e-mail: marcelo.delemos@gp.ita.br)

Maria Margareth da Silva, EAM-3

Engenharia de Materiais e Metalúrgica, com ênfase em Propriedades Mecânicas dos Metais e Ligas.
(e-mail: maria.margareth@gp.ita.br)

Mariano Andres Arbelo, EAM-1

Engenharia Mecânica, com ênfase em Mecânica dos Sólidos.
(e-mail: mariano.arbelo@gp.ita.br)

Mauricio Vicente Donadon, EAM-1

Engenharia Aeroespacial, com ênfase em Projeto de Estruturas Aeroespaciais.
(e-mail: mauricio.donadon@gp.ita.br)

Ney Rafael Secco, EAM-1

Engenharia Aeroespacial, Projeto de Aeronaves.
(e-mail: ney.secco@gp.ita.br)

Pedro Teixeira Lacava, EAM-2

Combustão, Propulsão e Sistemas Energéticos.
(e-mail: pedro.lacava@gp.ita.br)

Rafael Thiago Luiz Ferreira, EAM-1

Análise e Otimização de Estruturas, Materiais, Manufatura Aditiva
(email: rafael.ferreira@gp.ita.br)

Rene Francisco Boschi Gonçalves, EAM-3

Engenharia Aeroespacial, com ênfase em Materiais Energéticos, como propulsores, explosivos e pirotécnicos.
(e-mail: rene.goncalves@gp.ita.br)

Roberto Gil Annes da Silva, EAM-1

Aerodinâmica não estacionária, Aeroelasticidade, Dinâmica do voo.
(e-mail: roberto.gil@gp.ita.br)

Rodrigo Costa Moura, EAM-1

Métodos de elementos espetrais (Galerkin contínuo ou descontínuo)
(e-mail: rodrigo.moura@gp.ita.br)

Ronnie Rodrigo Rego, EAM-3

Aplicação em Engrenagens e transmissões automotivas, com ênfase na influência dos processos de manufatura sobre tensões residuais.
(e-mail: ronnie.rego@gp.ita.br)

Sandro da Silva Fernandes, EAM-1

Mecânica Celeste; Dinâmica e Controle Orbital; Controle Ótimo; Teoria de Perturbações.

(e-mail: sandro.fernandes@gp.ita.br)

Thiago de Paula Sales, EAM-1

Engenharia Mecânica, com ênfase em Dinâmica dos Corpos Rígidos, Elásticos e Plásticos.

(e-mail: thiago.sales@gp.ita.br)

Vitor Gabriel Kleine, EAM-1

Estabilidade de escoamentos, esteiras de turbinas eólicas, dinâmica de vórtices, vorticidade e simulação aerodinâmica de asas e rotores

(e-mail: vitor.kleine@gp.ita.br)

Wesley Rodrigues de Oliveira, EAM-3

Sistemas robóticos inteligentes, processamento digital de sinais, modelagem e controle aplicados ao desenvolvimento de sistemas mecatrônicos, sistemas ciber físicos.

(e-mail: wesley.oliveira@gp.ita.br)

Willer Gomes dos Santos, EAM-1

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

(e-mail: willer.santos@gp.ita.br)

3.4 Disciplinas

3.4.1 EAM-1- Projeto Aeronáutico, Estruturas e Sistemas Aeroespaciais

a) Disciplinas Eletivas

Sigla	Título	Crédito Máximo
AA-203	Aerodinâmica Experimental Subsônica	3
AA-204	Aerodinâmica de turbinas eólicas e asas rotativas	3
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-220	Aerodinâmica Não Estacionária	3
AA-234	Aerodinâmica Aplicada a Projeto de Aeronave	3
AA-247	Análise Modal de Campos Complexos &&&	3
AA-250	Método das Singularidades em Aerodinâmica	3
AA-270	Métodos de Elementos Espectrais para CFD &&	3
AA-271	Aeroacústica	3
AA-277	Instabilidade e Transição para a Turbulência &&&	3
AA-286	Escoamentos Turbulentos e Modelagem Numérica &&	3
AA-290	Modelos de disco atuador e linha atuadora	1
AA-500	Tese †	0
AB-110	Fundamentos da Teoria de Controle / Fundamentals of Control Theory	2

AB-111	Desempenho de Aeronaves	2
AB-121	Mecânica Orbital	2
AB-204	Estabilidade e Controle de Aeronaves	3
AB-206	Qualidades de Voo de Aeronaves Rígidas e Flexíveis/Flying Qualities of Rigid and Flexible Aircraft	1
AB-207	Controle de Aeronaves Flexíveis/Control of Flexible Aircraft	1
AB-210	Projeto de Controladores no Domínio da Frequência	3
AB-242	Astrocinética de Muitos Corpos	3
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-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-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
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-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	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
AP-120	Projeto Conceitual de Aeronaves	2
AP-201	Desempenho de Aeronaves Aplicado a Engenharia de Transporte Aéreo	3
AP-265	Projeto e Otimização Multidisciplinar	3
AP-266	Otimização Aeroestrutural /Aerostructural Optimization	3
AP-267	Projeto Conceitual de Aeronaves de Combate / Fighter	3

	Aircraft Conceptual Design	
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	3
FM-293	Fundamentos de Astronáutica	3
FM-294	Fundamentos de Astronáutica II &&& / Fundamentals of Astronautics II	3
MP-206	Análise e Projeto de Estruturas de Material Compósito	3
MP-208	Filtragem Ótima com Aplicações Aeroespaciais	3
MP-210	Fundamentos de Mecatrônica	3
MP-212	Sistemas Robóticos Inteligentes Industriais	3
MP-215	Desenvolvimento Integrado de Produtos (DIP)	3
MP-223	Manipuladores Robóticos - Aplicações Espaciais	3
MP-239	Projeto e Análise de Experimentos	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-273	Controle por Modos Deslizantes	3
MP-275	Identificação de Sistemas Dinâmicos &&&	3
MP-277	Modelagem e Simulação de Sistemas de Aeronaves / Modeling and Simulation of Aeronautical Systems	3
MP-282	Modelagem Dinâmica e Controle de Multicópteros &&&	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
	Dinâmica de Sistemas Multicorpos &&& / Dynamics of	
MP-296	Multibody Systems	3
MP-298	Propagação de Ondas em Estruturas &&& / Wave Propagation in Structures	3
MP-500	Tese †	0

3.4.2 EAM-2 - Propulsão Aeroespacial e Energia

a) Disciplinas Eletivas

Sigla	Título	Crédito Máximo
AC-240	Condução de Calor: uma Abordagem Numérica &&&	3
AC-250	Introdução a Aquisição de Dados	3
AC-251	Hélices/Propellers	3
AC-285	Elementos de Combustão &&&	3

AC-298	Combustão: Cinética e Modelagem	3
AC-600	Estágio Docência	3
AC-500	Tese †	0
FF-295	Propriedades de Cristais e Difração de Raios X	3
FQ-240	Eletroquímica Clássica	3
FQ-241	Princípios Eletroquímico e Corrosão	3
FQ-246	Sistemas Eletroquímicos de Conversão de Energia	3
ME-200	Termodinâmica &&&	3
ME-201	Mecânica dos Fluídos &&&	3
ME-202	Transferência de Calor &&& / Heat Transfer	3
ME-203	Geração de Entropia e Análise Energética &&& / Entropy Generation and Exergy Analysis	3
ME-205	Mecânica dos fluidos Elementar	3
ME-206	Convecção &&&	3
ME-209	Termodinâmica Aplicada / Applied Thermodnamic	3
ME-211	Turbomáquinas &&&	3
ME-212	Projeto de Turbomáquinas &&&	3
ME-214	Turbinas a Gás &&&	3
ME-216	Fundamentos de Energias Renováveis	3
ME-220	Tópicos Avançados de Desempenho de Turbinas a Gás &&&	3
ME-232	Mecânica dos Fluídos e Transferência de Calor Computacional &&&	3
ME-278	Refrigeração e Ar Condicionado &&&	3
ME-500	Tese †	0

3.4.3 EAM-3 - Materiais, Manufatura e Automação

a) Disciplinas Eletivas

Sigla	Título	Crédito Máximo
AC-298	Combustão: Cinética e Modelagem	3
FF-206	Nanomaterias e Nanotecnologia	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 dos propelentes e suas interfaces com proteções	3

	térmicas / Chemistry of propellants and their interfaces with thermal protections	
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-253	Planejamento e Otimização de Experimentos I	3
FQ-254	Estruturas e Propriedades de Polímeros / Structure and Properties of Polymers	3
FQ-260	Introdução à Química de Materiais / Introcution to Materials Chemistry	3
FQ-266	Introdução aos Biomateriais e Engenharia de Tecidos / Introduction to Biomaterials and Tissue Engineering	3
FQ-270	Adsorção sobre Sólidos	3
FQ-290	Química Quântica I / Quantum Chemistry I	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
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-434	Introdução à propulsão híbrida	1
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-212	Sistemas Robóticos Inteligentes Industriais	3
MP-215	Desenvolvimento Integrado de Produtos (DIP) &&&	3
MP-234	Sensores e Tradutores	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-201	Fundamentos de Engenharia de Materiais	3
MT-203	Ciência e Tecnologia de Filmes Finos / Thin Film Science and Technology	3
MT-204	Integridade de Superfícies &&&/ Surface Integrity &&&	3
MT-220	Usinagem com Geometria Definida	3
MT-221	Introdução à Ciência e Tecnologia dos 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-256	Comportamento Mecânico de Polímeros e Compósitos	3
MT-271	Tópicos Avançados em Carbonos Estruturais	3
MT-280	Processamento Termomecânico de Ligas de Alumínio	3
MT-281	Materiais Cerâmicos	3
MT-287	Produção de Componetes Aeronauticos por Sinterização	3
MT-291	Termodinâmica dos Materiais	3
MT-294	Tecnologia dos Aços e Ligas Especiais	3
MT-299	Transformações Martensíticas	3
MT-301	Seminário de Tese I	1
MT-500	Tese †	0
MT-601	Estágio Docência I	3
MT-602	Estágio Docência II	3
TE-210	Materiais Ablativos / Ablative Materials	3
TE-222	Soldagem de Materiais de Uso Aeroespacial / Welding of Aerospace Materials	3

- As disciplinas marcadas com &&& indicam 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.

3.5 EMENTAS

A carga horária semanal das disciplinas abaixo é representada por quatro números separados por um hífen. O primeiro representa 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; o quarto, o número de horas estimadas para estudo em casa, necessárias para acompanhar a disciplina. Cada período letivo compreende 16 semanas de aulas.

AA-203/2025 – Aerodinâmica Experimental Subsônica / Subsonic Experimental Aerodynamics

Requisito recomendado: ME-201 e AA-209. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 2-1-1-3. **Ementa:** Métodos experimentais aplicados à aerodinâmica subsônica. Medidas de forças e momentos (via balanças aerodinâmicas), pressão (via métodos ópticos 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. **Syllabus:** Experimental methods applied to subsonic aerodynamics. Measurements of forces and moments (via force balances), pressure (via mechanical and optical methods) and velocity (via PIV, LDV, hot wire, Pitot probes, among others). Design of experiments using optimization tools (DOE), calibration, data reduction and uncertainty analysis. Introduction to signal processing. Experiments to be designed and executed by the students throughout the

semester, applying the methodologies seen in class. **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-204/2025 - Aerodinâmica de turbinas eólicas e asas rotativas/Aerodynamics of wind turbines and rotating blades

Requisito recomendado: ME-201 e AA-209. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. **Ementa:** Aerodinâmica de rotores: turbinas eólicas de eixo horizontal, hélices e pás de aeronaves de asas rotativas. Teorias da quantidade de movimento e momento angular. Limite de Betz. Teoria da quantidade de movimento do elemento de pás. Rotor ótimo. Efeitos de número de pás, ponta de pás e correções. Sistema de vórtices de ponta e de raiz. Rotor de Joukowski. Características da esteira e influência a jusante. Modelos de esteira para parques eólicos. Escoamento não alinhado com eixo de rotação: turbina eólica em escoamento com guinada. Efeitos não estacionários. Introdução a métodos baseados em filamentos e folhas de vórtices. Introdução a métodos atuadores para simulação numérica: disco atuador e linha atuadora. **Syllabus:** Rotor aerodynamics: horizontal-axis wind turbines, propellers and rotorcraft blades. Momentum and angular momentum theory. Betz limit. Blade element momentum theory. Optimum rotor. Effects of number of blades, tip effects and corrections. Tip and root vortex system. Joukowski rotor. Wake characteristics and downstream influence. Wake models for wind farms. Flow not aligned with axis of rotation: yawed wind turbine. Unsteady effects. Introduction to methods based on vortex filaments and sheets. Introduction to actuator methods for numerical simulations: actuator disk and actuator line. **Bibliografia:** Schaffarczyk, A.P., Introduction to wind turbine aerodynamics, Springer Nature, 2020.; Leishman, J.G., Principles of Helicopter Aerodynamics, Cambridge University Press, 2a ed. 2006; Jenkins, N., Burton, T. L., Bossanyi, E., Sharpe, D., & Graham, M., Wind energy handbook, 3a ed., John Wiley & Sons, 2021.

AA-208/2025 – Dinâmica dos Gases

Requisito recomendado: ME-201. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6.

Ementa: 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-209/2025 – Aerodinâmica da Asa e Fuselagem no Regime Subsônico

Requisito recomendado: ME-201. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6.

Ementa: 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:** Karamchetti, 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-215/2025- Aerodinâmica de Alta Velocidade

Requisitos recomendados: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. **Ementa:** 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-220/2025 - Aerodinâmica Não Estacionária

Requisito recomendado: AA122. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. **Ementa:** 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, 6th Ed., Dover Publications, 1993; BISPLINGHOFF, R.L. et al., Aeroelasticity, AddisonWesley, Reading, 1955; DOWELL, E.H. et al., A modern course in aeroelasticity, 4^a. Ed., Sijthoff & Noordhoff, 2004.

AA-234/2025 – Aerodinâmica Aplicada a Projeto de Aeronave

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-1-6. **Ementa:** 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, tablets, 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.

AA-247/2025 - Análise Modal de Campos Complexos/modal analysis of complex fields (ANTIGA AA-245)

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. **Ementa:** 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: estimativa 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:** ANTOULAS, A (2005). Approximation of Large-Scale Dynamical Systems. SIAM Philadelphia., HOLMES, P., LUMLEY, J., BERKOOZ, G., ROWLEY, C.W. (2012). Turbulence, Coherent Structures, Dynamical Systems and Symmetry. 2nd Edition. Cambridge University Press., KUTZ, N.J., BRUNTON, S.L., BRUNTON, B.W., PROCTOR, J.L. (2016). Dynamic Mode Decomposition. SIAM.

AA-250/2025 Método das Singularidades em Aerodinâmica/ Singularity Methods in Aerodynamics

Requisito recomendado: AA-209. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. **Ementa:** Elementos da teoria de distribuição: derivada, suporte, multiplicação de distribuições, produto de convolução de distribuições. Solução elementar de um operador diferencial. Teoria das singularidades - descontinuidades admissíveis. Aplicação em aerodinâmica estacionária subsônica. Casos incompressível e irrotacional bidimensional e tridimensional. Estudo de algumas singularidades clássicas. Aplicação ao tratamento de condições de contorno. Exemplos clássicos de aplicação. **Syllabus:** Elements of distribution theory: derivative, support, product of distributions, convolution product of distributions. Elementary solutions of a differential operator. Singularity theory - allowed discontinuities. Application to steady subsonic aerodynamics. Incompressible and irrotational bidimensional and tridimensional cases. Study of some classical singularities. Applications to the treatment of boundary conditions. Exemples of classical applications. **Bibliografia:** BOUSQUET, J., Méthode des singularités - théorie et applications, ENSAE, Toulouse, 1982; DURAND, E., Electrostatique - tome I: les distributions, Masson, Paris, 1964.; KATZ, J. e PLOTKIN, A., Low-speed aerodynamics, 2a. Ed., Cambridge University Press, 2001

AA-270/2025 Métodos de Elementos Espectrais para CFD / Spectral Element Methods for CFD

Requisito recomendado: ME-201 (ou equivalentes). Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 2-1-0-6. **Ementa:** Panorama dos métodos de elementos espetrais. Erro numérico no espaço hp, convergências algébrica e exponencial. Bases polinomiais especiais, diferenciação e integração/quadratura em 1D. 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 1D. 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 1D. Solução da equação de Burgers via DG em 1D. 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). **Syllabus:** Overview of spectral element methods. Numerical error in spectral/hp space, algebraic and exponential convergences. Special polynomial bases, differentiation and integration/quadrature in 1D. Galerkin projections in continuous and discontinuous spaces. Introduction to continuous (CG) and discontinuous (DG) Galerkin methods. Solution of the linear advection-diffusion equation via CG and DG in 1D. Temporal integration and CFL limits. Dispersion-diffusion analysis for CG and DG. High-order upwind and viscous stabilization (SVV). Solution of the Helmholtz equation via CG in 1D. Solution of the Burgers equation via DG in 1D. Treating shocks and discontinuities with sub-cell resolution. Polynomial dealiasing techniques. Concepts about extension to multiple dimensions and high-order curved meshes. Solution of incompressible Navier-Stokes equations via CG. Solution of the compressible Navier-Stokes equations via DG. Concepts about simulating transitional and turbulent flows via under-resolved DNS / implicit LES approaches (without turbulent modeling). **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-271/2025 – Aeroacústica

Requisito recomendado: ME-201. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. **Ementa:** Linearização das equações de Euler. Equação da onda. Ondas planas. Intensidade e potência acústica. Formalismo integral e função de Green. Monópolos, dipolos e quadrupolos 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-277/2025 – Instabilidade e Transição para a Turbulência

Requisito recomendado: ME-201. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6.

Ementa: Fundamentos de instabilidade hidrodinâmica: equações diferenciais da mecânica dos Fluídos, 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 transitório. 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-286/2025 - Escoamentos Turbulentos e Modelagem Numérica / Turbulent Flows and Numerical Modelling

Requisito recomendado: ME-201 ou equivalente. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6.

Ementa: Natureza física e matemática da turbulência. Equações de Navier-Stokes para o caso incompressível. Equação de Poisson (pressão). Equação de evolução da vorticidade. Transporte de escalares passivos. Descrição estatística dos escoamentos turbulentos. Equações com média de Reynolds, conceitos de tensão de Reynolds e viscosidade turbulonar. Similaridade e turbulência em escoamentos livres: jatos, esteiras e camadas de mistura. Turbulência homogênea com e sem cisalhamento uniforme. Balanço de energia cinética turbulenta, sua produção e dissipação. Escalas turbulentas e cascata de Richardson. Teoria de Kolmogorov. Espectro de energia. Hipótese de Taylor de turbulência congelada. Escoamentos turbulentos limitados por paredes: canais, dutos e camadas-limite. Lei da parede: sub-camada viscosa, camada logarítmica e camada de amortecimento. Estruturas coerentes turbulentas. Principais efeitos de compressibilidade. Panorama das abordagens para simulação de escoamentos turbulentos. Simulação numérica direta (DNS) e simulação de grandes escalas (LES). Abordagens modernas de LES implícito e DNS sub-resolvido. Introdução à modelagem turbulenta para as equações de Navier-Stokes com média de Reynolds (RANS). **Syllabus:** Mathematical and physical nature of turbulence. Incompressible Navier-Stokes equations. The Poisson equation for the pressure field and the vorticity equation. Transport of passive scalars. Statistical description of turbulent flows. The Reynolds-averaged equations, Reynolds stresses and eddy viscosity. Similarity and turbulence in free flows: jets, wakes and mixing layers. Homogeneous turbulence with and without uniform shear. The budget of turbulent kinetic energy, its production and dissipation. Turbulent scales and the Richardson cascade. Kolmogorov's theory. The energy spectrum. Taylor's frozen flow hypothesis. Wall-bounded turbulent flows: channel, duct e boundary-layer. The law of the wall: viscous sub-layer, logarithm layer and buffer layer. Coherent structures in turbulence. Basic effects of

compressibility. Overview of approaches for simulating turbulence. Direct Numerical Simulation (DNS) and Large-Eddy Simulation (LES). Modern approaches like under-resolved DNS and implicit LES. Overview of turbulence modelling via Reynolds-Averaged Navier-Stokes (RANS) approaches. **Bibliografia:** POPE, S. B.; Turbulent Flows. Cambridge Univ Press, 2000. DAVIDSON, P. A.; Turbulence: an introduction for scientists and engineers. Oxford Univ Press, 2015. NIEUWSTADT, F. T. M; BOERSMA, B. J.; WESTERWELL, J.; Turbulence: introduction to theory and applications of turbulent flows. Springer, 2016.

AA-290/2025 - Modelos de disco atuador e linha atuadora/Actuator disk and actuator line models

Requisito recomendado: ME-201, Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 1-0-0-2.

Ementa: Visão geral das teorias de quantidade de movimento uni-dimensional e geral para aerodinâmica de rotores. Teoria da quantidade de movimento do elemento de pá. Uso do termo de força de campo das equações de Navier-Stokes para modelamento de rotores e asas. Modelo do disco atuador. Modelo da linha atuadora. Cálculo de forças utilizando a geometria da pá e modelos de forças analíticas. Correções de ponta e espalhamento para a linha atuadora. Exemplos de aplicação para turbinas eólicas, hélices, aeronaves de asas rotativas e asas. **Syllabus:** Overview of one-dimensional and general momentum theories for rotor aerodynamics. Blade-element momentum theory. Actuator methods in computational fluid dynamics. The usage of the body force term of the Navier-Stokes equations for modelling rotors and wings. Actuator disk model. Actuator line model. Computation of forces using blade geometry and analytical body force models. Tip and smearing corrections for the actuator line. Example of applications to wind turbines, propellers, rotorcraft and wings. **Bibliografia:** Sørensen, J.N., General momentum theory for horizontal axis wind turbines, Springer, 2016.

AB-110/2025 – Fundamentos da Teoria de Controle / Fundamentals of Control Theory

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-1-6.

Ementa: 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:** Ogata, K., Engenharia de controle moderno, 5^a ed., São Paulo, Prentice Hall, 2010; Astrom, K. J., Murray, R. M., Feedback Systems: An Introduction for Scientists and Engineers, 2^a ed., Princeton University Press, 2018. Franklin, G. F., Powell, J. D., Emami-Naeini, A., de Controle para Engenharia, 6^a ed., Porto Alegre, Bookman, 2013.

AB-111/2025 – Desempenho de Aeronaves / Aircraft performance

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 2-0-1-6.

Ementa: 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 e aterrissagem. e conceitos de certificação. **Syllabus:** Standard atmosphere,

aerodynamic and propulsive forces. Airspeeds definition and measurement. Instantaneous performance models: glide, cruise, climb, non-steady straight flight, flight maneuvers, altitude-Mach number diagram. Flight envelope. Energy methods. Integral performance (range, endurance and fuel consumption): cruise, non-steady horizontal flight, climb and curves. Take-off and landing. **Bibliografia:** ANDERSON, J. D. Aircraft performance and design. Boston: WCB/McGraw-Hill, 1999. MCCLAMROCH, N. H. Steady aircraft flight and performance. Princeton: University Press, 2011. VINH, N. K. Flight mechanics of high performance aircraft. New York: University Press, 1993.

AB-121/2025 - Mecânica Orbital

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-5. **Ementa:** 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. Chobotov, V.A. (Ed.), Orbital Mechanics, 3rd ed., Reston, VA, AIAA, 2002. Bate, R.R., Mueller, D.D. & White, J.E., Fundamentals of Astrodynamics, Dover, New York, 1971.

AB-204/2025 – Estabilidade e Controle de Aeronaves / Aircraft Stability and Control

Requisito recomendado: AB-111. Requisito exigido: AB-110 ou equivalente. Horas semanais: 2-0-1-6. **Ementa:** Estabilidade estática longitudinal: margens estáticas a manche fixo e a manche livre. Estabilidade estática látero-direcional. Referenciais, sistemas de coordenadas, 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 naturais longitudinais e látero-direcionais. Simulação do voo. Estabilidade dinâmica: qualidades de voo. Projeto de sistemas de controle de voo: sistemas de aumento de estabilidade, sistemas de aumento de controle e pilotos automáticos.

Syllabus: Longitudinal static stability: stick-fixed and stick-free static margins. Lateral-directional static stability. Reference frames, coordinate systems, Euler angles, and transformation matrices. Derivation of the equations of motion of the aircraft modeled as a rigid body. Numerical calculation of equilibrium conditions. Linearization of the equations of motion. Longitudinal and lateral-directional natural modes. Flight simulation. Dynamic stability: flying qualities. Flight control systems design: stability augmentation systems, control augmentation systems, and autopilots. **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. 3rd ed. New York, NY: Wiley, c1996 STEVENS, B. L.; LEWIS, F. L. Aircraft control and simulation. 2.ed. Hoboken, NJ: Wiley, c2003.

AB-206/2025 -- Qualidades de Voo de Aeronaves Rígidas e Flexíveis/Flying Qualities of Rigid and Flexible Aircraft

Requisito recomendado: AB-204. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 1-0-0-1.

Ementa: Resumo das qualidades de voo para os movimentos longitudinais e látero-direcionais. Modelo de piloto baseado em crossover. Oscilações induzidas pelo piloto.

Efeitos da flexibilidade nas qualidades de voo. Efeitos do acoplamento biodinâmico. Oscilações amplificadas pelo piloto curso de 16 horas. **Syllabus:** Summary of flying qualities of longitudinal and lateral-directional motions. Pilot crossover model and pilot induced oscillations. Effects of flexibility on flying qualities. Biodynamic feedthrough effects and pilot augmented oscillations 16-hour course. **Bibliografia:** ETKIN, B.; REID, L.D. Dynamics of flight: stability and control. 3. ed. New York, NY: Wiley, c1996. 382 p. ISBN 0-471-03418-5; UNITED STATES. Department of Defense. MIL-F-8785C: military specifications: flying qualities of piloted airplanes. Washington, DC, 1980; NEAL, T. P.; SMITH, R. E. A flying qualities criterion for the design of fighter flight-control systems. Journal of Aircraft, v. 8, n. 10, p. 803-809, 1971.

AB-207/2025 – Controle de Aeronaves Flexíveis/Control of Flexible Aircraft

Requisitos recomendado: AB-204/AB-266. Requisitos exigidos: Não há. Horas semanais: 1-0-0-1. **Ementa:** Controle de aeronaves pouco flexíveis. Desacoplamento de respostas aeroelásticas e globais por meio de filtragem. Aumento de flexibilidade estrutural e efeitos na estabilidade em malha fechada. Controle unificado de aeronaves mais flexíveis. Curso de 16 horas. **Syllabus:** Standard control of slightly flexible aircraft. Decoupling aeroelastic and global motion responses via filtering. Increase of airframe flexibility and effects on closed-loop stability. Unified control of more flexible aircraft. 16-hour course. **Bibliografia:** STEVENS, B. L.; LEWIS, F. L.; JOHNSON, E. N. Aircraft control and simulation. 3.ed. Hoboken, NJ: Wiley, c2016; 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; BROCKHAUS, R.; ALLES, W.; LUCKNER, R. Flugregelung. 3.ed. Springer-Verlag, Berlin/Heidelberg, 2011.

AB-210/2025 - 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. **Ementa:** 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:** ASTROM, K. J.; MURRAY, R.M. Feedback systems: an introduction for scientists and engineers. 2^a ed. Princeton: University Press, 2018. FRANKLIN, G.F.; POWELL, J.D.; EMAMI-NAEINI, A. Sistemas de controle para engenharia . 6^a ed. Porto Alegre: Bookman, 2013. OGATA, K. Engenharia de controle moderno. 5^a ed. São Paulo: Prentice Hall, 2010.

AB-242/2025 - Astrodinâmica de Muitos Corpos / Many-Body Astrodynamics

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: FM-235 ou Similar. Horas semanais: 3-0-0-4. **Ementa:** Estudo de modelos de muitos corpos em astrodinâmica: integrabilidade,

estabilidade e caos. Problemas gerais de três e quatro corpos com massas finitas. Revisão dos modelos restritos de três corpos: circular (CR3BP), elíptico (ER3BP) e modelo de Hill. Dinâmica orbital de asteroides e modelagem de sistemas lunares. Modelos restritos de quatro corpos: bicircular, quasi-bicircular e de Hill. Formulações do problema restrito de N corpos. Metodologias para o projeto de trajetórias em missões cislunares e interplanetárias. Construção de transferências balísticas e de baixa energia. Órbitas de estacionamento e manobras de controle orbital. Estudo do problema de Lambert, em sua formulação original e generalizada, com ênfase em famílias de soluções e algoritmos computacionais aplicados a ambientes multicorpos. Técnicas de solução de problemas de valor de contorno, incluindo single shooting, multiple shooting (simples e multicamadas) e métodos de continuação numérica de famílias de soluções. Aplicações a órbitas de transferência e de manutenção. Modelos de efemérides: fundamentos, estrutura e aplicações. Transição de soluções entre modelos simplificados e ambientes reais. Introdução a algoritmos e técnicas de otimização aplicadas ao planejamento de trajetórias. **Syllabus:** Study of many-body models in astrodynamics: integrability, stability, and chaos. General three-and four-body problems with finite masses. Review of restricted three-body models: circular (CR3BP), elliptic (ER3BP), and Hill's model. Orbital dynamics of asteroids and lunar systems. Restricted four-body models: bicircular, quasi-bicircular, and Hill-type. Formulations of the restricted N-body problem. Methodologies for designing trajectories for cislunar and interplanetary missions. Construction of ballistic and low-energy transfers. Parking orbits and station-keeping strategies. Classical and generalized Lambert problems: families of solutions and computational algorithms for many-body environments. Boundary value problem solution methods, including single shooting, multiple shooting (single-layer and multi-layer), and continuation techniques for solution families. Applications to transfer and parking orbits. Ephemeris-based models: foundations, structure, and implementation strategies. Transitioning solutions between simplified models and real dynamical environments. Introduction to optimization concepts, techniques, and algorithms applied to trajectory design. **Bibliografia:** PARKER, J.S.; ANDERSON, R.L., Low-Energy Lunar Trajectory Design, John Wiley & Sons, 2013.; GÓMEZ, G.; JORBA, A., MASDEMONT, J.; Astrodynamics Network AstroNet-II, Springer, 2016.; GÓMEZ, G.; JORBA, A., MASDEMONT, J.; SIMÓ, C., Dynamics and Mission Design near Libration Points – Volume III: Advanced Methods for Collinear Points. World Scientific, 2001.

AB-265/2025 - Dinâmica e Controle de Veículos Espaciais / Dynamics and Control of Space Vechiles

Requisito recomendado: MVO-20 ou equivalente. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. **Ementa:** 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, axissimetric 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:** ZANARDI, M.C.F.de P.S., Dinâmica de Voo Espacial, 1st ed, EdUFABC, Santo André, 2018. CURTIS, H. D.. Orbital Mechanics for Engineering Students. Oxford: Elsevier Butterworth-Heinemann, 2005. WIESEL, W.E. Spaceflight dynamics. 3. ed. Beavercreek, OH: Aphelion Press, c2010.

AB-266/2025 - 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. **Ementa:** 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:** 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. 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. ETKIN, B.; REID, L. D. Dynamics of flight: stability and control. 3rd ed. New York, NY: Wiley, c1996.

AB-269/2025 - Manobras Orbitais de “Rendezvous and Docking/Berthing

Requisito recomendado: AB-110 e AB-265. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. **Ementa:** 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:** Fehse, W., Automated Rendezvous and Docking of Spacecraft, Cambridge University Press, 2003. Bong, W., Space Vehicles Dynamics and Control, 2nd Ed., AIAA Education Series, Published by the American Institute of Aeronautics and Astronautics Inc., 2008. 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-270/2025 - Simulação e Controle de Veículos Aeroespaciais / Simulation and Control of Aerospace Vehicles

Requisito recomendado: AB-265 ou equivalente. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. **Ementa:** Determinação de atitude a partir de medidas de sensores: sensores terrestres infravermelho; sensores solares; sensor de estrelas; sensores inerciais. Dinâmica e controle de atitude: sistemas propulsivos; torque de pressão solar; atuadores de troca de momentos (rodas de reação; roda de reação com gimal); torque magnético. Representação de atitude: matriz de atitude; eixo e ângulo de Euler; quatérnions; vetor de Gibbs. Simulação de veículos espaciais: controle para a estabilização de atitude, e controle para a realização de manobras de atitude. **Syllabus:** Attitude determination from the measurement of sensors: infrared terrestrial sensors; solar sensors; star trackers; inertial sensors. Attitude dynamics and control: propulsive systems; torque of solar radiation pressure; actuators of momentum exchange (reaction wheels; gyroscope of momentum control); magnetic torque. Attitude representations: attitude matrix; axis and Euler's angle; quaternions; Gibbs's vector. Simulation of space vehicles: control for stabilization of attitude, and control for performing attitude maneuvers. **Bibliografia:** SIDI, M. Spacecraft dynamics and control: a practical engineering approach. Cambridge: University Press, 2006. WIESEL, W. E. Spaceflight dynamics. 3. ed. Beavercreek, OH: Aphelion Press, 2010. WERTZ, J. R. (ed.). Spacecraft attitude determination and control. Dordrecht: Kluwer Academic, 1978.

AB-271/2025 - Abordagem porta-Hamiltoniana para Modelagem, Simulação e Controle / Port-Hamiltonian formulation for modeling, simulation and control

Requisito recomendado: FF-207 ou MP-291 ou equivalente. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. **Ementa:** 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. **Syllabus:** Review of Lagrangian and Hamiltonian mechanics. Hamiltonian modeling with interaction ports. Interconnection of port-Hamiltonian systems. Control of port-Hamiltonian systems. Finite-dimensional port-Hamiltonian systems: mass-spring-damper, pendulum, rigid body, multibody models. Infinite-dimensional port-Hamiltonian systems: wave equation, fluid dynamic and flexible structures models. Applications in modeling and control of aerospace systems. **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-273/2025 - 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. **Ementa:** 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:** WERTZ, J. R., EVERETT, D. F., PUSCHELL, J. J. Space Mission Engineering: The New SMAD. Hawthorne: Microcosm Press, 2011. STARK, J., SWINERD, G. Spacecraft Systems Engineering. Editors: Fortescue, P., Stark J., Swinerd, G. Wiley Publisher, 704 p., 2003. BROWN, C. D. Elements of Spacecraft Design. American Institute of Aeronautics and Astronautics (AIAA). 2002

AB-274/2025 - 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. **Ementa:** 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:** ALFRIEND, K. T., et al. Spacecraft Formation Flying: dynamics, control and navigation. Elsevier Astrodynamics Series, Elsevier, 382 p., 2010. FEHSE, W. Automated Rendezvous and Docking of Spacecraft. Cambridge Aerospace Series, Cambridge University Press, 495 p., 2003. CURTIS, H. D. Orbital Mechanics for Engineering Students. Third Edition, Elsevier Aerospace Engineering Series, Elsevier, 751 p., 2014.

AB-275/2025 – Constelações de Veículos Espaciais / Spacecraft Constellations
Requisito recomendado: AB-121 ou equivalente. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. **Ementa:** 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:** 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. 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. 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-276/2025 – Modelagem e Simulação de Aeronaves Flexíveis / Modeling and Simulation of Flexible Aircraft

Requisito recomendado: AE-249 ou equivalente. Requisito exigido: MVO-32, AB-204 ou AB-266. Horas semanais: 3-0-0-6. **Ementa:** 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. 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. 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:** 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. 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. 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-295/2025 Fundamentos de Astronáutica III / Fundamentals of Astronautics III

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: FM-294 Fundamentos de Astronáutica II. Horas semanais: 3-0-0-4. **Ementa:** 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. **Syllabus:** Lagrange's equations and Gauss's equations in non-singular variables. Canonical form of Lagrange's equations: Delaunay's variables. Von Zeipel's method. Brouwer's theory for the motion of artificial satellites. Orbits of small eccentricities. Frozen orbits and sun-synchronous orbits. Perturbations due to the attraction of a third body: luni-solar attraction. Special methods of perturbation: Cowell's method and Encke's method. Numerical integration of the motion equations: methods of Runge-Kutta and methods of multiple steps. The n-body problem: motion equations and first integrals. Lagrange's solutions for the three-body problem. The circular restricted three-body problem: motion equations in the rotating reference frame, equilibrium points, Hill's regions. Lunar and interplanetary trajectories: patched-conic approximations and models based on the n-body problem. Swing-by maneuvers. Examples: Earth-Moon transfers, Earth-Earth with a lunar flyby, Earth-Mars and Earth-Venus. **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.

AC-240/2025 – Condução de Calor: uma Abordagem Numérica

Requisito recomendado: ME-204. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-3.

Ementa: 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 transitório: 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: INCROPERA, F.P. e DEWITT, D.P., Fundamentos de transferência de calor e de massa, 7 ed, LTC Editora, RJ, 2014; KAKAÇ, S e YENER, Y., Heat Conduction, 3 ed, Taylor & Francis, Washington, 1993; VERSTEEG. H. K. e MALALASEKERA, W., An introduction to computational fluid dynamics, Prentice Hall, New York, 2 ed, 2007.

AC-250/2025 - Introdução a Aquisição de Dados

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

Ementa: 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:** LabVIEW Basics I, Course Manual, Course Software Version 6.0 September 2000 Edition.; LabVIEW Graphical Programming Practical Applications in

Instrumentation and Control – Gary W. Johnson, McGraw-Hill, 1994; Manual for LabVIEW Programming, Data Acquisition and Analysis, Jeffrey Y. Beyon, 2001.

AC-251/2025 - Hélices/Propellers

Requisitos recomendados: Não há. Requisitos exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6.

Ementa: Visão geral de sistemas propulsivos com foco em motores a pistão e turbohélices. Descrição de hélices. Modelos de desempenho de hélices: teoria do momentum, elemento de pá e coeficientes adimensionais. Desempenho e acoplamento do sistema moto-propulsor. **Syllabus:** Overview of propulsion systems focusing on piston and turboprop engines. Description of propellers. Propeller performance models: momentum theory, blade element and dimensionless coefficients. Engine propeller matching and performance.

Bibliografia: Airplanes Propeller Principles, Nelson W. C, John Willey and Sons 1944; Airplane Aerodynamics and Performance, Lan C.T, Roskam J., DAR Corporation, 1997; OATES, G. C. Aircraft propulsion systems technology and design. Reston: AIAA, 1989.

AC-285/2025 - Elementos de Combustão

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

Ementa: Termoquímica: entalpia de formação, 1^a lei da termodinâmica, temperatura da chama adiabática, 2^a lei da termodinâmica, equilíbrio químico. Cinética química: reações globais, mecanismos detalhados, sistema H₂-O₂, 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, NOx, monóxido de carbono, hidrocarbonetos não queimados, óxido de enxofre. **Bibliografia:** TURNS, S.R. An introduction to combustion: concepts and applications, McGraw-Hill, 2000; BORMAN, G. L.; RAGLAND, K. W., Combustion engineering, McGraw-Hill, 1998; WILLIAMS, F. A. Combustion theory: the fundamental theory of chemically reacting flow systems. Addison-Wesley, 1985.

AC-298/2025 - Combustão: Cinética e Modelagem

Requisito recomendado: AC-285. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-2.

Ementa: 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:** COKER, AK. Modeling of Chemical Kinetics and Reactor Design. Boston, MA : Gulf Professional Publishing, 2001. ISBN: 9780884154815. NAMINOSUKE, K., Propellants and Explosives: Thermochemical Aspects of Combustion, Edition 2, John Wiley & Sons, February 27, 2007. WANG Z., Internal Combustion Processes of Liquid Rocket Engines: Modeling and Numerical Simulations, John Wiley & Sons, 17 de maio de 2016.

AE-206/2025 - Manufatura e Fractografia de Compósitos Poliméricos Estruturais Avançados / Manufacturing and Fractography of Advanced Polymer Composite Structures

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-5. **Ementa:** 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). **Syllabus:** Introduction. Manufacturing processes of composite aerostructures. Manufacturing processes modeling. Guidelines for mold tooling design. Mechanical Testing of composites. Fractography of composites: methodology. Identification of fractographic aspects associated with: (i) fiber failure, (ii) delamination. Identification of fractographic aspects induced by cyclic loading (fatigue). **Bibliografia:** JONES, R. M. Mechanics of Composite Materials, 2nd ed., Taylor & Francis, 1999. MAZUMDAR, S. K. Composites Manufacturing: Materials, Product and Process Engineering, CRC Press, 2001. GREENHALGH, E. S. Failure Analysis and Fractography of Polymer Composites, CRC Press, 2009.

AE-207/2025 - Teoria de Placas e Cascas / Theory of Plates and Shells

Requisito recomendado: IG-209. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-5. **Ementa:** 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. **Syllabus:** Surface structures. Basic hypotheses used in the theory of plates and shells. Kirchhoff and Reissner-Mindlin plate theories. Laminated plates. Differential geometry. Classical shell theory according to Reissner and Sanders, and their versions accounting for the effects of transverse shear deformation. **Bibliografia:** KRAUS, H., Thin elastic shells, John Wiley, New York, 1967. LUCENA NETO, E. Fundamentos da mecânica das estruturas, Orsa Maggiore, Florianópolis, 2021. REDDY, J. N., Mechanics of laminated composite plates and shells – theory and analysis, CRC Press, Boca Raton, 2004.

AE-213/2025 - Estabilidade de Estruturas Aeronáuticas

Requisito recomendado: AE-107. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-1-6. **Ementa:** 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:** 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-225/2025 - Dinâmica de Estruturas I/ Structural dynamics I

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

Ementa: Modelagem de sistemas dinâmicos: Equações de Lagrange e Princípio de Hamilton. Vibrações livres e respostas dinâmicas em sistemas com um grau de liberdade. Vibrações livres e respostas dinâmicas em sistemas com múltiplos graus de liberdade. Método da análise modal. Vibrações de sistemas contínuos. Método de Rayleigh-Ritz e de elementos finitos aplicados à dinâmica. **Syllabus:** Structural dynamics modeling: Lagrange equations and Hamilton's principle. Free vibrations and dynamic responses in systems with one degree of freedom. Free vibrations and dynamic responses in systems with multiple degrees of freedom. Modal analysis method. Vibrations of continuous systems. Rayleigh-Ritz and finite element methods applied to dynamics. **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-228/2025 - Dinâmica de Estruturas II/ Structural Dynamics II

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: AE-225. Horas semanais: 3-0-0-6.

Ementa: Revisão da dinâmica estrutural de sistemas elásticos lineares com vários graus de liberdade. Modelagem da dinâmica estrutural pelo método dos elementos finitos. Análise modal e métodos de integração numérica aplicados a modelos de elementos finitos. Análise dinâmica de estruturas elásticas não lineares. Métodos de perturbação por múltiplas escalas e por balanço harmônico. Vibrações aleatórias. **Syllabus:** Review of the structural dynamics of linear elastic systems with various degrees of freedom. Modeling of structural dynamics using the finite element method. Modal analysis and numerical integration methods applied to finite element models. Structural dynamics of nonlinear elastic structures. Multi-scale and harmonic balance perturbation methods. Random vibrations.

Bibliografia: BISMARCK-NASR, M.N., *Structural dynamics in aeronautical engineering*, AIAA Education Series, Reston, Virginia, 1999.; NAYFEH, A.H., *Nonlinear Oscillations*, John Wiley & Sons, New York, 1995.; MEIROVITCH, L., *Fundamentals of Vibrations*, McGraw Hill, New York, 2001.

AE-236/2025 - Fadiga e Mecânica da Fratura I

Requisito recomendado: Não há. Requisitos exigidos: Não há. Horas semanais: 3-0-1-6.

Ementa: Introdução. Histórico de problemas de fadiga e fratura. Projeto tolerante ao dano. Fadiga *S-N* - definições básicas. Ensaios 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. Ensaios 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: DOWLING, N. E. *Mechanical behavior of materials - engineering methods for deformation, fracture and fatigue*. 2. ed. - Prentice Hall, 2000; BANNANTINE, J. A. *Fundamentals of metal fatigue analysis*. 1 ed. - Prentice Hall, 1990; ANDERSON, T. L. *Fracture mechanics: fundamentals and applications*. 2 ed. CRC Press, 1995.

AE-237/2025 - Fadiga e Mecânica da Fratura II

Requisito recomendado: Não há. Requisitos exigidos: AE-236. Horas semanais: 3-1-0-6.

Ementa: Introdução. Fadiga ϵ -N - definições básicas. Curvas tensão-deformação. Curvas

deformação-vida. Ensaios para obtenção de curvas ϵ -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. Ensaios 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:** DOWLING, N. E. Mechanical behavior of materials - engineering methods for deformation, fracture and fatigue. 2 ed. – Prentice Hall, 2000; BANNANTINE, J. A. Fundamentals of metal fatigue analysis 1 ed. Upper - Prentice Hall, 1990; ANDERSON, T. L. Fracture mechanics: fundamentals and applications. 2 ed. CRC Press, 1995.

AE-245/2025 – Elementos Finitos / Finite Elements

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

Ementa: Introdução ao cálculo variacional. Princípio do Trabalho Virtual. Métodos de Rayleigh-Ritz e Resíduos Ponderados. Formulação variacional de elementos finitos. Elementos finitos lineares: treliça, viga de Euler e viga de Timoshenko. Elementos finitos para estados planos de tensão e de deformação. Elementos finitos de placas de Kirchhoff-Love. Elementos finitos para sólidos tridimensionais. Integração numérica. Aplicações em problemas de autovalor: estabilidade elástica (flambagem) e vibração livre. Modelagem de estruturas aeronáuticas. **Syllabus:** Introduction to the calculus of variations. The Principle of Virtual Work. Rayleigh-Ritz and Weighted Residuals methods. Variational formulation of finite elements. One-dimensional problems: trusses, Euler beams and Timoshenko beams. Finite elements for plane stress and plane strain problems. Finite elements for Kirchhoff-Love plates. Three-dimensional finite elements. Numerical integration. Eigenvalue problems: applications to the stability (buckling) and free vibration analyses. Modeling of aeronautical structures. **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-249/2025 - Aeroelasticidade I / Aeroelasticity I

Requisito recomendado: AE-225. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6.

Ementa: Revisão de aerodinâmica e dinâmica estrutural. Conceitos da seção típica. Teoria das faixas em aerelasticidade. Flutter, divergência, efeitos de rajada e reversão dos comandos. Aeroelasticidade em três dimensões. Aeroelasticidade do contínuo via métodos aproximados de solução. **Syllabus:** Review on aerodynamics and structural dynamics. Typical section concepts. Finite strip theory in aeroelasticity. Flutter, divergence, gust and control surface reversal effects. 3-D aeroelasticity. Approximate solution methods in continuum aeroelasticity. **Bibliografia:** Bismarck-Nasr, M. N., 1999, Structural dynamics in aeronautical engineering, Reston, Virginia, AIAA-Education Series. Bisplinghoff, R.L., Ashley, H., Halfman, R.L., 1955, Aeroelasticity, Dover, New York. Cooper J.E, Wright J.R, 2015, Introduction to Aircraft Aeroelasticity and Loads, John Wiley and Sons, 2nd edition.

AE-250/2025 - Aeroelasticidade II / Aeroelasticity II

Requisito recomendado: AE-249. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6.

Ementa: Aeroelasticidade de placas e cascas. Efeitos de não-linearidades geométrica e

aerodinâmica na estabilidade aeroelástica de cascas e placas. Resposta aeroelástica à rajada. Resposta dinâmica ao pouso e ejeção de cargas externas. **Syllabus:** Aeroelasticity of plates and shells. Effects of geometrical and aerodynamic nonlinearities on the stability of plates and shells. Aeroelastic response to gust loads. Dynamic response to landing and external loads ejection. **Bibliografia:** Bismarck-Nasr, M. N., 1999, Structural dynamics in aeronautical engineering, Reston, Virginia, AIAA-Education Series. Bisplinghoff, R.L., Ashley, H., Halfman, R.L., 1955, Aeroelasticity, Dover, New York. Dowell, E.H. et al., 2005. A modern course in aeroelasticity, 4th Edition, Kluwer Academic.

AE-256/2025 - 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.

Ementa: 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:** BATHE, K.-J. Finite Element Procedures. 2nd edition. Prentice Hall, USA, 2016. BURDEN, R.L.; FAIRES, D.J. e BURDEN, A.M. Numerical Analysis, 10th Edition, Cengage Learning, USA, 2015. DE BORST, R.; CRISFIELD, M.A.; REMMERS, J.C. e VERHOOSSEL, C.V.; Non-linear Finite Element Analysis of Solids and Structures, 2nd edition, Wiley, United Kingdom, 2012.

AP-120/2025 - Projeto Conceitual de Aeronaves / Aircraft Conceptual Design

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

Ementa: 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. **Syllabus:** Aircraft types and the aviation market. Phases of an aircraft program. Configuration selection and initial sizing. Fuselage layout. Aerodynamic analysis for conceptual design. Selection and integration of propulsion system. Weight estimate and center of gravity. Using requirements for performance analysis. Structural layout and material selection for aircraft structures. Landing gear placement. Stability analysis and control surface sizing. Elements of aeronautical certification. **Bibliografia:** ROSKAM, J. Airplane Design, parts I-VIII. Ottowa: 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-201/2025 – Desempenho de Aeronaves Aplicado a Engenharia de Transporte Aéreo/ Aircraft Performance Applied to Air Transport Engineering

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

Ementa: Breve Histórico do voo e introdução à Engenharia Aeronáutica: nomenclatura aeronáutica, dimensões e unidades, sistemas de coordenadas, principais componentes e sistemas de uma aeronave. Atmosfera, ventos e ambiente de voo. Noções de desempenho, estabilidade e controle de aeronaves. Geometria de pistas de pouso e decolagem. Requisitos de desempenho: Velocidades de Referência e Limites de gradiente. Desempenho de pista: modelagem física, análise de parâmetros técnicos e ambientais, pistas molhadas e contaminadas, velocidade de pneu e energia de frenagem, cargas no solo, interação com pavimentos. Modelamento de missão: etapas de subida, cruzeiro, descida e reservas. Engenharia de Transporte Aéreo: Visão sobre gerenciamento do tráfego aéreo (comunicação, navegação, vigilância e informação), regras e procedimentos que dão suporte à operação de voo. Economia do transporte aéreo. Percepção dos usuários do setor aéreo. **Syllabus:** Brief History of Flight and Introduction to Aeronautical Engineering: aeronautical nomenclature, dimensions and units, coordinate systems, main components and systems of an aircraft. Atmosphere, winds and flight environment. Notions of performance, stability and control of aircraft. Geometry of landing and takeoff runways. Performance requirements: Reference Speeds and Gradient Limits. Runway performance: physical modeling, analysis of technical and environmental parameters, wet and contaminated runways, tire speed and braking energy, ground loads, interaction with pavements. Mission modeling: stages of ascent, cruise, descent and reserves. Air Transport Engineering: Overview of air traffic management (communication, navigation, surveillance and information), rules and procedures that support flight operation. Economics of air transport. Perception of the users of the air sector. **Bibliografia:** ANDERSON, Jr., J.D., Introduction of Flight. McGraw-Hill Book Co., 1985; Belobaba, P., Odoni, A., and Barnhart, C., (eds.), The Global Airline Industry, John Wiley & Sons Publishers, 2009.; McClamroch N. H., Steady Aircraft Flight and Performance., Princeton University Press, Princeton, New Jersey, 2011, 416 pp;

AP-265/2025 - Projeto e Otimização Multidisciplinar

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

Ementa: 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: ROSKAM, J., Airplane design, parts I-VIII, Roskam Aviation and Engineering Corporation; STINTON, D., The Design of the Airplane, AIAA General Publication Series, 2nd. Edition, RESTON , V.A., 2001; 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-266/2025 - Otimização Aeroestrutural /Aerostructural Optimization

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. **Ementa:** 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. **Syllabus:** 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:** NOCEDAL, J.; WRIGHT, S. Numerical Optimization. 2. ed. Nova Iorque: Springer Science & Business Media, 2006. 644p. HAFTKA, R.T.; GURDAL, Z.; GLADWELL, Z.M.L. Elements of Structural Optimization. 3. ed. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2002. 481p. BENDSOE, M.P.; SIGMUND, O. Topology Optimization. 2. ed. Berlin: Springer-Verlag, 2004. 370p.

AP-267/2025 - Projeto Conceitual de Aeronaves de Combate/ Projeto Conceitual de Aeronaves de Combate

Requisito recomendado: AA-234, AP-120. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. **Ementa:** Histórico das gerações de aeronaves de combate. Processo de captura de requisitos de aeronaves de combate. Configurações aeronáuticas típicas de aeronaves de combate. Características aerodinâmicas e estimativas de coeficientes. Modelagem, seleção e integração de motor. Estimativas de envelope de peso e centro de gravidade. Critérios de desempenho típicos para aeronaves de combate. Dimensionamento do airframe e espaço de projeto. Dimensionamento e alocação de sistemas principais da aeronave. Layout estrutural de aeronaves de combate. Avaliação de características de estabilidade e controlabilidade. Noções e requisitos de assinatura de radar e infravermelho. Estudo de trade-off de configuração. Consolidação do projeto conceitual. Noções de análise operacionais e dimensionamento de frota. **Syllabus:** Historical background of fighter aircraft generations. Requirement capture process for fighter aircraft design. Typical aeronautical configurations of fighter aircraft. Aerodynamic characteristics and estimation of coefficients. Engine modeling, selection, and integration. Estimation of weight and center of gravity. Typical performance requirements for fighter aircraft. Airframe sizing and design diagram. Sizing and allocation of major aircraft systems. Structural layout of fighter aircraft. Evaluation of stability and control characteristics. Notions of aircraft radar and infrared signature and associated requirements. Configuration trade-off. Conceptual design completion. Notions of operational analysis and fleet sizing. **Bibliografia:** WHITFORD, J. Design for Air Combat, Jane's publishing, 1987; NICOLAI, M.L; CARICHNER, E.G. Fundamentals of Aircraft and Airship Design, Volume I —Aircraft Design, AIAA education series,

2010.;RAYMER, D.P., Aircraft Design: A Conceptual Approach, 5th Edition, AIAA educational series, Washington DC, 2012.

FF-206/2025 - Nanomaterias e Nanotecnologia/ Nanomaterials and Nanotechnology

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

Ementa: 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 nanoplaças. Nanocompósitos. Caracterização: DRX, Raman, FTIR, microscopia, XPS. Propriedades mecânicas, elétricas e biomédicas. Toxidez de nanomateriais. **Syllabus:** Importance of nanomaterials. Fundamentals of thermodynamics and kinetics of nanomaterial growth. Mechanism of formation of aggregates and nanoparticles. Processes of obtaining nanoparticles. Stabilization of nanoparticles. Synthesis of nanomaterials: nanoparticles, nanotubes, nanorods and nanoplates. Nanocomposites. Characterization: DRX, Raman, FTIR, microscopies and XPS. Mechanical, electrical and biomedical properties. Toxicity of nanomaterials. **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 Corruu and Nguyễn Trong Anh, Molecular Chemistry of Sol-Gel Derived Nanomaterials, Germany: John Wiley & Son Ltd, 2009.

FF-295/2025 - Propriedades de Cristais e Difração de Raios X/Properties of crystals and X-ray diffraction

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

Ementa: 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 amorf. **Syllabus:** Introduction to crystallography: Electromagnetic radiation and its properties. Structure of materials. Structural properties of crystals. Elements of symmetry. The crystalline state. Definition of unit cell. Positions, directions and crystallographic planes. Linear and planar density and crystalline systems. Lattice of Bravais and space groups. Coordinate transformation. X-rays and their interaction with matter. Properties, sources and radiation detectors. Polycrystal diffraction. Polycrystal diffraction pattern and polycrystal diffractometry. Instrumentation: Beam conditioning and main geometries. Sample preparation, data acquisition, data quality. Data processing and phase analysis: Preliminary data processing, crystallographic databases and phase identification and indexing. Rietveld method: fundamentals; refinement with a phase, quantitative phase analysis and quantification of amorphous material. **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-299/2025 - Laboratório de Descargas Elétricas e Plasmas

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

Ementa: 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; 2 RAIZER, Y. P., Gas discharges, physics, 1^a. Ed., New York, 1991.

FM-223/2025 – Dinâmica Não-Linear e Caos I

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

Ementa: 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. Bifurações. 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: analytical, computational, and experimental methods, Wiley & Sons, New York, 1995.

FM-224/2025 – 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.

Ementa: 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:** ALLIGOOD, K. T.; SAUER, T. D. e YOURKE, J. A. - Chaos: an Introduction to Dynamical Systems, New York: Springer-Verlag, 1997; OTT, E. – Chaos in Dynamical Systems, New York, Cambridge University Press, 1993. BOHR, T.; JENSEN, M. H.; PALADIN, G.; VULIANI, A. - Dynamical Systems Approach to Turbulence, Cambridge: Cambridge University Press, 1998.

FM-250/2025 – Cálculo de Variações/ Calculus of Variations

Requisito recomendado: Cálculo diferencial e integral. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-4. **Ementa:** 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 iso-perimétrico. 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. **Syllabus:** Functional. Normed linear spaces. Gâteaux variation of a functional. A necessary condition for a relative minimum of a functional. Lagrange and Du Bois-Reymond's lemmas. The simplest problem of the Calculus of Variations. Euler-Lagrange equation. Canonical form of the Euler–Lagrange equation. Transversality conditions. Weierstrass–Erdmann condition. Problems with auxiliary conditions. Lagrange multipliers. Iso-perimetric problem. Theory of second variation. Necessary and sufficient conditions for a weak minimum. Legendre necessary condition. Minimal accessory problem and Jacobi condition. Conjugated points. Fields. Hilbert invariant integral. Sufficient conditions for a strong minimum. **Bibliografia:** Troutman, J. L., Variational Calculus with Elementary Convexity, Second Edition, Springer-Verlag, New York, 1995; Sagan, H., Introduction to the Calculus of Variations, Reprint, Dover, New York, 1992; Gelfand, I.M. & Fomin, S.V., Calculus of Variations, Dover, Mineola, New York, 2000.

FM-293/2025 - Fundamentos de Astronáutica / Fundamentals of Astronautics

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-4. **Ementa:** Problema de dois-corpos. Sistemas de coordenadas e sistemas de medidas do tempo. Problema de dois corpos: integrais primeiras, equação polar da trajetória, descrição das órbitas. Equação para o tempo de voo: métodos numéricos e analíticos de resolução da Equação de Kepler. Problema de Kepler: coeficientes de Lagrange, séries f e g. Problema de Gauss: resolução em variáveis universais e método da iteração em p. Trajetórias de mísseis balísticos. Manobras orbitais básicas: transferência de Hohmann, transferência bi-elíptica e transferência bi-parabólica. Análise preliminar de trajetórias lunares e interplanetárias baseadas na aproximação patched-conic. **Syllabus:** Coordinate systems and time measurement systems. Two-body problem: first integrals, polar equation of the trajectory, orbit description. Equation for the time of flight: numerical and analytical methods for solving Kepler's Equation. Kepler's problem: Lagrange's coefficients, f and g series. Gauss's problem: solutions in universal variables and p-iteration method. Ballistic missile trajectories. Orbit basic maneuvers: Hohmann's transfer, bi-elliptic transfer and bi-parabolic transfer. Preliminary analysis of lunar and interplanetary trajectories based on the patched-conic approximation. **Bibliografia:** BATE, R.R.; MUELLER, D.D. & WHITE, J.E., Fundamentals of astrodynamics, Dover, New York, 1971. PUSSING, J.E.; CONWAY, B.A., Orbital Mechanics, Oxford University Press, New York, 1993. BATTIN, R.H., An Introduction to the mathematics and methods of astrodynamics, AIAA Education Series, New York, 1987.

FM-294 /2025 - 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. **Ementa:** 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. **Syllabus:** 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:** Curtis, H.D., Orbital Mechanics for Engineering Students, Elsevier, Oxford, 2005. 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.

FQ-201/2025 – Materiais Energéticos

Requisito recomendado: FQ-220. Requisito exigido: Ser aluno do PPGAO. Horas semanais: 4-0-0-6. **Ementa:** 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:** COOK, M.A., The Science of High Explosives. Robert E. Krieger Publishing Co. inc., Huntington, N.Y., 2. ed., 1971; CALZIA, J., Les Substances Explosives et Leurs Nuisances. Editora Dunod, Paris, 1. ed. 1969, KUO, K.K., Principles of combustion, John Wiley & Sons, Inc., New Jersey, 2005.

FQ-202/2025 – Engenharia Aplicada a Armamentos e Munições Aéreas

Requisito recomendado: FQ-220. Requisito exigido: Aluno PPGAO. Horas semanais: 4-0-0-6. **Ementa:** 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:** SHUKMAN, D., Tomorrow's War: The Threat of High-Technology Weapons. Ed. Harcourt, New York, 1996; ZARZECKI, T. W., Arms Diffusion: The Spread of Military Innovations in the International System. Ed. Routledge, New York, 2002.

FQ-220/2025 - Termodinâmica Química / Chemical Thermodynamics

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-1-6.

Ementa: Os princípios da Termodinâmica e suas consequências. 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:** LEVINE, I. N. Physical Chemistry 6 ed. McGraw-Hill Science, 2009. KLOTZ, I. M. e ROZEMBERG, R. M. Chemical Thermodynamics. 6 ed. John Wiley and Sons, 2000. STOLEN, S.; GRANDE, T. Chemical Thermodynamics of Materials: Macroscopic and Microscopic Aspects. John Wiley & Sons, 2004.

FQ-222/2025 - Cinética Química / Chemical Kinetics

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

Ementa: 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: FROST, A. A.; PERSON, R. G. Kinetic and mechanics - a study of homogenous chemical reactions. New York: John Wiley & Sons, 1953. MOELWYN-HUGHES, E.A. The chemical statistics and kinetics of solutions. New York: Academic Press, 1971.

FQ-223/2025 - Dinâmica Química / Chemical Dynamics

Requisito recomendado: FQ-290 (Química Quântica). Requisito exigido: FQ-222 (Cinética Química). Horas semanais: 4-0-1-5. **Ementa:** 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 semiempíricos e ab initio. Teoria 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, molecularity and order of reactions, Arrhenius equation and activation energy. Potential energy surfaces: surfaces obtained by semi-empirical and ab initio methods. Statistical theory of reaction rates: transition state theory and RRKM theory. Molecular dynamics: kinetic 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, 1998. LAIDLER, K. J. Chemical Kinetics, New York, Harper & Row, 1987; FERNANDEZ-RAMOS, A., E.; ELLINGTON, B.A.; GARRETT, B. C.; TRUHLAR, Reviews in Computational Chemistry, v. 23, 125, 2007.

FQ-224/2025 - 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.

Ementa: 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 transreflectância 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:** PAVIA, D.L.; LAMPMAN, G.M.; KRIZ, G.S.; VYVYAN J.R. Introdução à espectroscopia, 2. Ed. São Paulo, Cengage Learning, 2015, 733p. SMITH, A.L. Applied infrared spectroscopy, 1979, John Wiley & Sons, New York, 314p. HUMMEL, D.O.; SCHOLL, F. Atlas of polymer: a plastics analysis, 1981, 1984, Vol. I, II and III, Verlag chemie GmbH.

FQ-230/2025 - 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.

Ementa: 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-232/2025- 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.

Ementa: 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:** Clayden, J.; Greeves, N.; Warren, S. Organic Chemistry. 2. ed. Oxford: Oxford University Press, 2012, 1234p. Bruice, P.Y. Química Orgânica. 4. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2006. Vol. 1, 704p. Agrawal, A.P. High Energy Materials: Propellants, Explosives and Pyrotechnics. 1. ed. Weinheim: WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, 2010, 498p.

FQ-233/2025 – Química dos propelentes e suas interfaces com proteções térmicas / Chemistry of propellants and their interfaces with thermal protections

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. **Ementa:** 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:** PAVIA, D.L.; LAMPMAN, G.M.; KRIZ, G.S. & VYVYAN.J.R. Introdução à espectroscopia, 2. Ed. São Paulo, Cengage Learning, 2015, 733p.; PALMERIO, A. F. Introdução à tecnologia de foguetes. São José dos Campos/SP: SindCT, 2017. p. 304.; TEIPEL, U. Energetic materials: particle processing and characterization. Weinheim: Wiley-VCH, 2005. 643 p

FQ-240/2025 – Eletroquímica Clássica

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Consentimento do professor. Horas semanais: 3-0-0-6. **Ementa:** 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 eletrocinéticos. **Bibliografia:** KORYTA, J. et al., *Electrochemistry*, Methuen, London, 1970; NEWMAN, J. S., *Electrochemical Systems*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, 1973.

FQ-241/2025 - Princípios eletroquímicos e corrosão / Electrochemical principles and corrosion

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. **Ementa:** Conceitos básicos e aplicações em eletroquímica. Relações termodinâmicas básicas. Energia livre de Gibbs, trabalho elétrico e potencial. Equação de Nernst e eletrodos de referência. Potencial químico, potencial eletroquímico, potencial elétrico. Potencial de eletrodo, potencial da solução e nível de Fermi. Cálculo de potenciais de eletrodo em condições de estado não padrão. Soluções eletrolíticas. Condutividade elétrica. Condutividade Iônica. Atividade, fugacidade, e coeficiente de atividade. Junções líquidas. Potencial de Donnan. Eletrodos seletivos de íons. Células de concentração. Leis de Faraday. Processos de eletrodos, dupla camada elétrica. Sobrepotencial, e polarização. Etapas na reação heterogênea. Controle de transferência de carga, Equação de Butler-Volmer. Correntes de troca. Aproximação de Tafel. Controle de transferência de massa. Fundamentos da corrosão metálica. Diagrama de Pourbaix. Velocidade de Corrosão. Tipos de corrosão. Potencial misto vs. potencial de equilíbrio, efeito do oxigênio e da agitação. Passivação. Célula de corrosão. Diagramas de Evans. Prevenção e controle da corrosão. Inibidores e Revestimentos. Experimentação em eletroquímica, métodos estáticos e dinâmicos, estado estacionário e estado transitório. **Syllabus:** Basic concepts and applications in electrochemistry. Basic thermodynamic relationships. Gibbs free energy, electrical work and potential. Nernst equation and reference electrodes. Chemical potential, electrochemical potential, electrical potential. Electrode potential, solution potential and Fermi level. Calculation of electrode potentials at non-standard state conditions. Electrolytic solutions. Electric conductivity. Ionic Conductivity. Activity, fugacity, and activity coefficient. Liquid joints. Donnan potential. Ion selective electrodes. Concentration cells. Faraday's Laws. Electrode processes, electric double layer. Overpotential, and polarization. Heterogeneous reaction steps. Charge transfer control, Butler-Volmer equation. Exchange currents. Tafel approximation. Mass transfer control. Fundamentals of metallic corrosion. Pourbaix diagrams. Corrosion rate. Types of corrosion. Mixed potential vs. equilibrium potential. Effects of oxygen and agitation. Passivation. Corrosion cells. Evans diagrams. Corrosion prevention and control. Inhibitors and Coatings. Experimentation in electrochemistry, static and dynamic methods, steady state and transient state. **Bibliografia:** BOCKRIS, J. O'M.; REDDY, A. K. N. *Modern electrochemistry*, Plenum Press, New York, 1970. BARD, A. J.; FAULKNER, L. R. *Electrochemical Methods: Fundamentals and Applications*. 2nd ed. Wiley, 2000. 833p.; GONZALEZ, E. R.; TICIANELLI, E.A. *Eletroquímica Princípios e Aplicações*, 2nd ed. São Paulo: Edusp, 2005.

FQ-246/2025 - Sistemas Eletroquímicos de Conversão de Energia/Electrochemical energy conversion systems

Requisitos recomendados: Não há. Requisitos exigidos: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. **Ementa:** 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 padrao. Interfases eletrificadas. Dupla camada elétrica. Capacitância e pseudocapacitância. Reações faradaicas e nao 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. **Syllabus:** Basic concepts. Electrochemical energy conversion and storage systems. Types of batteries. Fuel cells. Electrolyzers. Electrochemical capacitors. Thermodynamics of cells. Heat and work potential of a fuel. Efficiency of electrochemical systems. Nernst equation. Open circuit potential. Pourbaix diagram. Reversible voltage under non-standard-state conditions. Electrified interfaces. Double electrical layer. Capacitance and pseudocapacitance. Faradic and non-faradic reactions. Electrochemical reaction kinetics. Butler-Volmer equation. Equilibrium potential and reaction rate. Tafel equation. Charge Transport and ohmic losses. Characteristics of Charge Transport Resistance. Mass transport of electrochemical cells. Concentration polarization. Diffusion. Warburg impedance. Forced convection. Transport in porous media. Introduction to modeling and simulation of electrochemical systems. Circuit models. Equivalent circuit dynamics. 1D models, and models based on computational fluid dynamics. **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-247/2025 - Tópicos em Células de Deionização Capacitiva para Armazenamento de Energia/Capacitive Deionization Cell Topics for Energy Storage Systems

Requisitos recomendados: FQ-240 ou FQ-241 ou FQ-243 Requisitos exigidos: Não há. Horas semanais: 12-0-6-6 (em 2 semanas). **Ementa:** Introdução aos sistemas gerais de dessalinização de água. Introdução aos sistemas CDI e seu funcionamento, montagem de células, mecanismos de fluidos, dessalinização simultânea e sistemas de geração de energia: CDI - sistemas que podem ser fornecidos e sistemas que podem fornecer a célula: Tipos de materiais a serem usados nos eletrodos CDI e seu funcionamento eletroquímico. Impactos e influências da concentração de sais e os tipos de sais que podem ser removidos por esses sistemas. Testes: análise das células CDI em termos de eficiência de dessalinização e geração de energia elétrica, testes de caracterização dos eletrodos e dessorção. Contextualização e discussão sobre análise física relacionando fisisorção com isotermas e o Gráfico de Ragone: a relação de dessorção com capacidade de armazenamento de energia. **Syllabus:** Introduction to general water desalination systems. Introduction to CDI systems and their operation, assembly of cells, fluid mechanisms, simultaneous desalination and energy generation systems: CDI: systems that can be supplied and systems that can supply the cell: Types of materials to be used in CDI electrodes and their electrochemical functioning. Impacts and influences of the concentration of salts and the types of salts that can be removed by these systems. Tests: analysis of CDI cells in terms of efficiency of desalination and generation of electric energy, tests of characterization of the electrodes and desorption. Contextualization and discussion on physical analysis relating physisorption to isotherms and the Ragone Plot: the desorption relationship with energy storage capacity. **Bibliografia:** ME Suss, S. Porada, X.

Sun, PM Biesheuvel, J. Yoon and V. Presser. Water desalination via capacitive deionization: what is it and what can we expect from it? DOI: 10.1039 / C5EE00519A, Energy Environ. Sci. , 2015, 8, 2296-2319; P RATAJCZAK, ME SUSS, F KAASIK, F BÉGUIN, Carbon electrodes for capacitive technologies, Energy Storage Materials 16 (2019) 126–145; J Newman, and KE Thomas-Alyea. Electrochemical systems. John Wiley & Sons, 2012.

FQ-249/2025 – Sistemas de Conversão/Armazenamento de Energia Eletroquímica com ênfase em Baterias/ Electrochemical Energy Conversion/Storage Systems with emphasis on Batteries

Requisito recomendado: FQ-220, FQ-222 e FQ-240 ou FQ-241 ou FQ-243. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 11-0-7-6. **Ementa:** 1) Fundamentos dos métodos eletroquímicos; 2) Introdução aos dispositivos eletroquímicos de conversão e armazenamento de energia: supercapacitores, baterias; 3) Diferentes tipos de baterias e suas aplicações; 4) Baterias de íons de lítio: materiais de eletrodos, eletrólitos e separadores; 5)Materiais para baterias de íons de lítio; 6) Sistemas híbridos de energia; 7) Reciclagem de baterias. **Syllabus:** 1) Fundamentals of electrochemical methods; 2) Introduction to electrochemical energy conversion and storage devices: capacitors, batteries; 3) Different types of batteries and their applications; 4)Lithium-ion batteries: electrode materials, electrolytes and separators; 5) Materials for lithium-ionbatteries; 6) Hybrid energy systems; 7)Recycling batteries. **Bibliografia:** Electrochemistry theory and application, IVANA STOJKOVIĆ SIMATOVIĆ AND BILJANA ŠLJUKIĆ PAUNKOVIĆ, Faculty of Physical Chemistry, Belgrade, 2018, ISBN 978-86-82139-71-3; CÉSAR A.C. SEQUEIRA, BILJANA ŠLJUKIĆ, MILICA VUJKOVIĆ, IVANA STOJKOVIĆ SIMATOVIĆ, LUIS AMARAL, DIOGO M.F. SANTOS, Developments in secondary batteries, (Ch. 12) in FUEL CELLS AND BATTERIES (Vol. 10) of the Series ENERGY SCIENCE & TECHNOLOGY (12 VOLS.), pp. 271-313. Volume Eds. U. C. Sharma, R. Prasad, S. Sivakumar, Executive Ed. J.N. Govil, Studium LLC, USA, 2015.ISBN of Series 1-62699-061-1, ISBN of Volume 1-62699-071-9; MILICA VUJKOVIĆ, IGOR PAŠTI, IVANA STOJKOVIĆ SIMATOVIĆ, BILJANA ŠLJUKIĆ, MAJA MILENKOVIĆ, SLAVKO MENTUS, The influence of intercalated ions on cyclic stability of V₂O₅/graphite composite in aqueous electrolytic solutions: experimental and theoretical approach, *Electrochimica Acta* 176 (2015) 130–140. <http://dx.doi.org/10.1016/j.electacta.2015.07.004>; MILICA VUJKOVIĆ, BILJANA ŠLJUKIĆ PAUNKOVIĆ, IVANA STOJKOVIĆ SIMATOVIĆ, MITAR MITRIĆ, CÉSAR A. C. SEQUEIRA, SLAVKO MENTUS, Versatile insertion capability of Na_{1.2}V₃O₈ nanobelts in aqueous electrolyte solutions, *Electrochimica Acta* 147 (2014) 167-175. <http://dx.doi.org/10.1016/j.electacta.2014.08.137>.

FQ-251/2025 - Físico-Química de Interface de Compósitos Poliméricos

Requisitos recomendados: FQ-220 e FQ-250. Requisitos exigidos: Não há. Horas semanais: 4-0-0-8. **Ementa:** 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:** BRATUKHIN, A.G.; BOGOLYUBOV, V.S. Composite Manufacturing technology, Chapman & Hall, London, 1995; KELLY, A.C. e MILEKO, S.T. - Fabrication of composite. Amsterdam: Elsevier

Science Publishers, 1983; MANO, E.B., Polímeros como materiais de engenharia. Ed. Edgard Blücher Ltda. São Paulo, 1996.

FQ-252/2025 - 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. **Ementa:** 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:** Mano, E. B.; Mendes, L. C. Introdução a polímeros. 2^a ed. São Paulo: Blücher, 1999. Canevarolo Jr, S. V. Ciência dos polímeros. 3^a ed. São Paulo: Artliber, 2006. Young, R. J. e Lovell, P. A. Introduction to Polymers. 3^a ed. CRC Press, 2011.

FQ-253/2025 - Planejamento e Otimização de Experimentos I/Design and Optimization of Experiments I

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

Ementa: Introdução ao Design de Experimentos: princípios básicos da técnica, aplicações e limitações. Estatística elementar: Média, variância e desvio padrão; Distribuição Normal, Normal Padronizada, t de Student, Qui-quadrado e Distribuição F; Construção de intervalos de confiança; Identificação e Exclusão de valores anômalos. Planejamento fatorial completo e fatorial fracionário: Aplicações, cálculo de efeitos de fatores e interações, teste de significância dos efeitos, modelagem empírica. Delineamento de Plackett & Burman: Aplicações, construção de matrizes experimentais e análise de resultados. Metodologia de Taguchi: aplicações, arranjos ortogonais, razão sinal-ruído e análise de variância (ANOVA). Introdução à Metodologia de Superfície de Respostas e Modelagem de Misturas. **Syllabus:** Introduction to Design of Experiments: Basic principles of the technique, applications, and limitations. Elementary Statistics: Mean, variance, and standard deviation; Normal Distribution, Standard Normal, Student's t-distribution, Chi-square, and F-distribution; Construction of confidence intervals; Identification and exclusion of outliers. Factorial and Fractional Factorial Designs: Applications, calculation of factor effects and interactions, significance testing of effects, empirical modeling. Plackett

& Burman Design: Applications, construction of experimental matrices, and analysis of results. Taguchi Method: Applications, orthogonal arrays, signal-to-noise ratio, and analysis of variance (ANOVA). Introduction to Response Surface Methodology and Mixture Experiments. **Bibliografia:** MONTGOMERY, Douglas C. Design and analysis of experiments. John wiley & sons, 2017.; NETO, Benício Barros; SCARMINIO, Ieda Spacino; BRUNS, Roy Edward. Como fazer experimentos: pesquisa e desenvolvimento na ciência e na indústria. Bookman Editora, 2010.; RODRIGUES, Maria Isabel; IEMMA, Antônio Francisco. Planejamento de experimentos e otimização de processos: uma estratégia sequencial de planejamentos. 2005.

FQ-254/2025 - Estrutura e Propriedades de Polímeros / Structure and Properties of Polymers

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

Ementa: Definições. Sistemas polímero-solvente. Termodinâmica de soluções diluídas. Métodos de determinação de massa molar de polímeros. Polímeros no estado sólido: amorfos e cristalinos. 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:** PAVIA, D.L.; LAMPMAN, G.M.; KRIZ, G.S.; VYVYAN.J.R. Introdução à espectroscopia, 2. Ed. São Paulo, Cengage Learning, 2015. RUDIN, A. The elements of polymer science and engineering. New York: Academic Press, 1982. SPERLING, L.H. Introduction to Physical Polymer Science, John Wiley & Sons, New York, 2006.

FQ-260/2025 - 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. **Ementa:** 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:** FAHLMAN, B. D. Materials Chemistry. Dordrecht: Springer, 2007. KLABUNDE, K.J. (Ed.) Nanoscale materials in chemistry. Nova York: John wiley & Sons, 2001. COMPANION, A.L. Ligação Química. São Paulo: Edgard Blucher, 1975.

FQ-266/2025 - 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.

Ementa: 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, Cotoxicidade, 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:** PULEO, D. A. et al. Biological Interactions on Materials Surfaces. Understanding and Controlling Protein, Cell, and Tissue Responses. Springer, 2009. RATNER, Buddy D. Biomaterials Science: An Introduction to Materials in Medicine. 3 ed. Canada Academic Press, 2013. LANZA, R. et al. Principles of Tissue Engineering. 3 ed. San Diego: Academic Press, 2007.

FQ-270/2025 – Adsorção sobre Sólidos

Requisito recomendado: FQ-220. Requisito exigido: Consentimento do professor. Horas semanais: 4-0-0-8. **Ementa:** 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:** I.N. PUTILOVA; S.A. BALEZIN, V.P. BARANNIK, Metallic corrosion inhibitors, Pergamon Press, New York, 1960; 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-290/2025 - Química Quântica I / Quantum Chemistry I

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

Ementa: Princípios da Mecânica Quântica (Espectro do átomo de hidrogênio, radiação do corpo negro, efeito fotoelétrico, fórmula de Rydberg, Bohr, 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, Bohr, 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:** McQUARRIE, D. A. Quantum Chemistry. University Science Books, 2008. HOLLAUER, E. Química Quântica. LTC, Rio de Janeiro, 2008. LEVINE, I. N. Quantum Chemistry. 4a edição, Prentice Hall, 1991.

FQ-291/2025 – 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. **Ementa:** 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: McQuarrie, D. A. Quantum Chemistry. 2nd ed. University Science Books, 2008. Morgan, N. H. e Coutinho, K. Métodos de Química Teórica e Modelagem Molecular. Livraria da Física, 2007. Jensen, F. Introduction to Computational Chemistry. 2nd ed. Wiley, 2007.

FQ-295/2025 - 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. **Ementa:** 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:** TURI, E. A. Thermal characterization of polymeric materials. New York: Academic Press, 1996. WENDLANT, W. W. Thermal analysis. New York: John Wiley & Sons, 1985. CANEVALORO, S. V. Técnicas de Caracterização de Polímeros. São Paulo: Artliber Ed, 2004.

FQ-298/2025 – 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. **Ementa:** 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 Triplet. 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:** LAKOWICZ, J. R. Principles of Fluorescence Spectroscopy. 2nd edition. New York; Kluwer Academic, 1999. TURRO, N. J. Modern Molecular Photochemistry. Sausalito: University Science Books, 1991. BIRKS, J.B. Photophysics of Aromatic Molecules. New York: John Wiley & Sons, 1970.

FQ-299/2025 - Modelagem Reativa de Materiais Energéticos/ Reactive Modeling of Energetic Materials

Requisito recomendado: FQ-220 e FQ-222. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-03. **Ementa:** 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. **Syllabus:** Introduction to energetic materials. Fundamentals of combustion and kinetic mechanisms. Fundamentals of chemical reactors. Kinetic simulation of the combustion of energetic materials. Introduction to molecular dynamics. Energies, potentials and force fields. Ensembles. Ab initio simulations of stability, pyrolysis and combustion of energetic materials in gas and/or condensed phase. **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.

FQ-434/2025 - Introdução à propulsão híbrida/ Introduction to hybrid propulsion

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 2-1-0-2. **Ementa:** Propulsão química. Propulsão híbrida. Formulação de grãos combustíveis e propelentes. Técnicas de processamento de partículas (combustível e oxidante). Caracterizações térmica, mecânica e química. Aspectos termodinâmicos e cinéticos. Teoria de propulsão de foguetes. Parâmetros balísticos propulsores sólidos e híbridos. **Syllabus:** Chemical propulsion. Hybrid propulsion. Formulation of fuel and propellant grains. Particle processing techniques (fuel and oxidizer). Thermal, mechanical and chemical Characterizations. Thermodynamic and kinetic aspects. Rocket propulsion theory. Solid and hybrid propellant ballistic parameters. **Bibliografia:** SUTTON P.G. e BIBLARZ, O., Rocket propulsion elements. John Wiley & Sons, Inc., 2001.; HILL P.G. e PETERSON C.R., Mechanics and thermodynamics of propulsion. Addison Wesley Publishing company, 1992.; De LUCA L., SHIMADA T., SINDITSKII V.P., CALABRO M., Chemical Rocket Propulsion. Springer, 2017.

MB-246/2025 - Sustentabilidade dos Processos de Fabricação

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-1-3. **Ementa:** 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:** Andrade, B. A.; Tachizawa, T.; Carvalho, A. B. Gestão ambiental - enfoque estratégico aplicado ao desenvolvimento sustentável. São Paulo: Makroon Books, 2000. 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. Andrade, B. et al. Gestão ambiental. São Paulo: Makron Books, 2000. Trent, E. M., Metal Cutting, Butterworths, 1992.

MB-267/2025 – 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. **Ementa:** 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:** KUTZ, M., Environmentally conscious mechanical design. Hoboken, N.J.: John Wiley, 2007; OSTERWALDER, A., Inovação Em Modelos de Negócios – Business Model Generation. Editora Alta Books, 2011; ULRICH, K. T., EPPINGER, S. D., Product design and development, 5th edition. McGraw Hill, 2011.

ME-200/2025 – Termodinâmica

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. **Ementa:** 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:** 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-201/2025 - Mecânica dos Fluídos

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. **Ementa:** 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:** GOLDSTEIN, S. e BURGERS, J.M., Lectures on fluid mechanics, American Mathematical Society, New York, 1971; BRODKEY, R. S., The phenomena of fluid motions, Addison-Wesley, Reading, 1967.

ME-202/2025 - Transferência de Calor / Heat Transfer

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. **Ementa:** 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:** 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. Hahn, D. W., Ozisik, M. N. Heat conduction, Wiley, 3rd ed., 2012. Çengel, Y. A., Ghajar, A. J. Heat and Mass Transfer: Fundamentals and Applications. McGraw-Hill Education, 5th, 2014.

ME-203/2025 – 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. **Ementa:** 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:** DE OLIVEIRA JUNIOR, S. Exergy: production, cost and renewability. Springer-Verlag London 2013. KOTAS, T. J. The exergy method of thermal plant design. Butterworths, London 1995. BEJAN, A., TSATSARONIS, G., MORAN, M. Thermal design and optimization. John Wiley & Sons Inc., New York, 1996.

ME-205/2025 – Mecânica dos fluidos Elementar/ Elementary Fluid Mechanics

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3 0 0-6. **Ementa:** Princípios dos cálculos vetorial e tensorial. Notação indicial. Teoremas integrais. Cinemática dos meios deformáveis. Volume material de fluido, dilatação e equação da conservação da massa. Teorema de transporte de Reynolds. Tensor gradiente de velocidade. Dinâmica dos meios deformáveis, conservação da quantidade de movimento linear, tensor tensão de Cauchy, equação da energia. Equações constitutivas, relações termodinâmicas, equações para fluidos newtonianos. **Syllabus:** Vector and tensor calculus principles. Index notation. Integral theorems. Kinematics of deformable media. Material volume of fluid, dilatation, and mass conservation equation. Reynolds transport theorem. Velocity gradient tensor. Dynamics of deformable media, conservation of linear momentum, Cauchy stress tensor, energy equation. Constitutive Equations, thermodynamic relations, equations for newtonian fluids. **Bibliografia:** ARIS, R., Vectors, Tensors and the Basic Equations of Fluid Mechanics, Dover, New York, 1989.; KUNDU, P. K., COHEN, I. M., DOWLING, D. R., Fluid Mechanics, 6a ed., Academic Press, Oxford, 2016.; SPENCER, A. J. M., Continuum Mechanics, 1a ed., Dover, New York, 2004

ME-206/2025 – Convecção

Requisitos recomendados: ME-202 e ME-201. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. **Ementa:** 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:** 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-209/2025 - Termodinâmica Aplicada / Applied Thermodynamics

Requisito recomendado: ME-200. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-3. **Ementa:** 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:** Moran, M. J.: Shapiro, H. N. Princípios de Termodinâmica para Engenharia. 4ed. Rio de Janeiro. LTC, 2002. Van Wylen, J.: Sonntag, R. E.: Borgnakke, C. Fundamentos da Termodinâmica Clássica. São Paulo: Edgard Blücher, 1995. Çengel, Y. A.: Boles, M. A. Termodinâmica. 5 ed. São Paulo. McGrawHill. 2007.

ME-211/2025 – Turbomáquinas

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

ME-212/2025 - Projeto de Turbomáquinas

Requisitos recomendados: Não há. Requisito exigido: ME-211. Horas semanais: 3-0-0-6. **Ementa:** 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-214/2025 - Turbinas a Gás

Requisito recomendado: ME-114 e ME-200. Requisito exigido: Não há. Horas Semanais: 3-0-0-6. **Ementa:** 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:** WALSH., P. P. e FLETCHER, P., Gas Turbine Performance, Blackwell Science, 1998; SARAVANAMUTTOO, H. I. H.,

ROGERS, G. F. C. e COHEN, H., Gas Turbine Theory, 5a. edição, Prentice Hall, 2001;
SINGH, R., Gas Turbine Application, Cranfield University Handout, 2003.

ME-216/2025 - Fundamentos de Energias Renováveis/ Fundamentals of Renewable Energy

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

Ementa: Energia solar: fundamentos da radiação solar, tecnologias de aproveitamento fotovoltaico e térmico. Energia eólica: aerogeradores e Lei de Betz. Biomassa: tipos de biomassa, processos de conversão termoquímica (combustão, pirólise, gaseificação) e bioquímica (digestão anaeróbica). Hidrogênio como vetor energético: métodos de produção (eletrólise, reforma de gás natural), armazenamento e uso final. Biocombustíveis: matérias-primas e rotas de produção. Outras formas de energia renovável: geotérmica, oceânica e hidrelétrica. **Syllabus:** Solar energy: fundamentals of solar radiation, photovoltaic and thermal technologies. Wind energy: Wind turbines and Betz's Law. Biomass: types of biomass, thermochemical conversion processes (combustion, pyrolysis, gasification) and biochemical processes (anaerobic digestion). Hydrogen as an energy vector: production methods (electrolysis, natural gas reforming), storage, and final use. Biofuels: feedstocks and production pathways. Other renewable energy sources: geothermal, ocean energy, and hydropower. **Bibliografia:** DUFFIE, J. A.; BECKMAN, W. A.; BLAIR, N. Solar Engineering of Thermal Processes. John Wiley & Sons, 2020. ; JONG, W. de; OMMEN, J. R. van. Biomass as a Sustainable Energy Source for the Future: Fundamentals of Conversion Processes. Wiley-AIChE, 2014.; DRAPCHO, C. M.; PHU NHUAN, N.; WALKER, T. H. Biofuels engineering process technology. CRC Press, 2020

ME-220/2025 – Tópicos Avançados de Desempenho de Turbinas à Gás

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

Ementa: 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:** P. P. WALSH e P. FLETCHER, Gas Turbine Performance, Blackwell Science Ltd., London-UK, 1998. W. W. BATHIE, Fundamentals of Gas Turbine, John Wiley & Sons, Inc.-U.S.A., 1996. H.I.H. SARAVANAMUTTO, G.F.C. ROGERS e H. COHEN, Gas Turbine Theory, Prentice Hall-UK, 2001.

ME-232/2025 – Mecânica dos Fluídos e Transferência de Calor Computacional

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

Ementa: 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 incompressível. 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:** MINKOWYCS, W.J. et al, Handbook of numerical heat transfer, John Wiley & Sons, New York, 1988. MALISKA, C.R., Transferência de calor e mecânica dos Fluídos computacional - fundamentos e coordenadas Generalizadas, LTC-Livros Técnicos e Científicos, Rio de Janeiro, 1995.

ME-278/2025 - Refrigeração e Ar Condicionado

Requisito recomendado: ME-200. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6.

Ementa: 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 Fluídos refrigerantes. Tipos de compressores e dispositivos de expansão. Refrigeração por absorção. Sistemas de BrLi-H₂O. 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.

MP-206/2025 – Análise e Projeto de Estruturas de Material Compósito

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-5.

Ementa: 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 emcompósitos. **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-208/2025 – Filtragem Ótima com Aplicações Aeroespaciais

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: MPS-43, MOQ-13 ou equivalentes.

Horas semanais: 3-0-0-6. **Ementa:** 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 altitude, navegação e rastreio.

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-210/2025 - Fundamentos de Mecatrônica

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

Ementa: 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-212/2025 Sistemas Robóticos Inteligentes Industriais/ Industrial Smart Robotics

Requisito recomendado: MP-210 e MP-291. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6.

Ementa: Revisão de tecnologias robóticas industriais colaborativas (manipuladores robóticos, robôs móveis autônomos-AMRs, manipuladores móveis-MoMas). Conceitos fundamentais da robótica colaborativa em células de manufatura industrial. Fundamentos de manipuladores robóticos: representação, notações e ferramentas matemáticas; classificação de elementos de sistemas manipuladores; representação Denavit-Hartenberg; cinemática direta e inversa de manipuladores; dinâmica de manipuladores; geração de trajetórias; controle de movimento; controle de força, controle de impedância e admitância. Fundamentos de robótica móvel: cinemática e dinâmica de robôs móveis; controle de robôs omnidirecionais e diferenciais; planejamento de caminho e de trajetórias. Técnicas de visão computacional e inteligência artificial para robótica industrial. Introdução à visão por computador: aquisição e formação de imagens, introdução ao processamento de imagens e detecção de características, calibração e transformações sistemas câmera-mundo; morfologia e reconhecimento de padrões. Introdução à inteligência computacional aplicada: paradigmas de aprendizado supervisionado e não-supervisionado, arquiteturas clássicas de redes neurais artificiais, máquinas de vetores de suporte, aprendizado por reforço e aprendizado por transferência. Uso do MATLAB® Robotics System Toolbox para simulação de manipuladores robóticos e robôs móveis e desenvolvimento de algoritmos. Uso de ambientes open-source para simulação de sistemas robóticos em aplicações industriais. **Syllabus:** Collaborative robotic technologies (robotic manipulators, autonomous mobile robots-AMRs, mobile manipulators-MoMas). Fundamentals of industrial collaborative robotics. Fundamentals of robotic manipulators: representation, notations and mathematical tools; classification of manipulator system elements; Denavit-Hartenberg representation; forward and inverse kinematics of manipulators; manipulator dynamics; generation of trajectories; motion control; force control, impedance control and admittance. Fundamentals of mobile robotics: kinematics and dynamics of mobile robots; control of omnidirectional and differential robots; path and trajectory planning. Computer vision and artificial intelligence techniques for industrial robotics. Introduction to computer vision: image acquisition and formation, introduction to image processing and feature detection, calibration and camera-world transformations; morphology and pattern recognition. Introduction to applied computational intelligence: supervised and unsupervised learning, classical artificial neural network architectures, support vector machines, reinforcement learning and transfer learning. Use of MATLAB® Robotics System Toolbox for simulation of robotic

manipulators and mobile robots and algorithm development. Use of open-source environments for simulation of robotic systems in industrial applications. **Bibliografia:** CORKE, Peter. Robotics, Vision and Control – Fundamental Algorithms in Matlab®. 2nd Edition. Springer, 2017.; ALPAYDIN, Ethem. Introduction to machine learning, 4th Edition. The MIT Press, 2020.; SIEGWART, Roland; NOURBAKSH, Illah Reza; SCARAMUZZA, Davide. Introduction to Mobile Robots, second edition, 2011:

MP-215/2025 - Desenvolvimento Integrado de Produtos (DIP)

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Hora semanais: 3-0-0-6. **Ementa:** 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-223/2025 - Manipuladores Robóticos - Aplicações Espaciais

Requisitos recomendados: MP-291. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-1-4. **Ementa:** Robótica e telerobótica espacial. Aspectos econômicos de automação espacial: operações automáticas versus operações humanas no espaço. Interação homem versus máquina nas operações telerobóticas. 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 Telerobótica em órbita da Terra. Controle supervisor e telerobótica 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 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, 2nd Edition, Wiley, 2004. Spong, Mark W. Hutchinson, Seth, and M. Vidyasagar, Robot Modeling and Control, 1st Edition, John Wiley & Sons, Inc., 1989.

MP-234/2025 – Sensores e Transdutores

Requisito recomendado: MP-271. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-1-4. **Ementa:** 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^a edition, John Wiley, New York, 1988; DOEBELIN, E.O., Measurement systems: application and design, 5th Edition, McGraw-Hill, New York, 2003.

MP-239/2025 - Projeto e Análise de Experimentos

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. **Ementa:** 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-244/2025 – Dinâmica de Rotores/ Rotor Structural Dynamics

Requisito recomendado: AE-225 Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-5. **Ementa:** Componentes dinâmicos de rotores: eixos, rolamentos e discos. Modelos matemáticos simplificados de rotores. Mancais rígidos e flexíveis. Rotor simétrico e assimétrico. Momentos giroscópicos. Método dos Elementos Finitos aplicado a rotores flexíveis. Problema de autovalor e diagramas de Campbell. Instabilidades do rotor. Teoria do mancal hidrodinâmico. Resposta dinâmica nos domínios do tempo e da frequência. Simulações run-up e run-down. Análise modal e métodos de integração numérica. **Syllabus:** Dynamic components of rotors: shafts, bearings and disks. Simplified mathematical models of rotors. Rigid and flexible bearings. Symmetric and asymmetric configurations. Gyroscopic moments. Finite Element Method applied to flexible rotors. Eigenvalue problem and Campbell diagrams. Rotor instabilities. Hydrodynamic bearing theory. Dynamic response in the time and frequency domains. Runup and run-down simulations. Modal analysis and numerical integration methods. **Bibliografia:** LALANNE,

M. e FERRARIS, G., Rotordynamics Prediction in Engineering, 2nd Edition, John Wiley, 1997; ADAMS, M.L. Jr., Rotating Macchinery Vinration, Second Edition, CRC Press, 2010; KRAMER, E., Dynamics of Rotors and Foundations, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 1993.

MP-260/2025 - Modelagem e Análise de Sistemas a Eventos Discretos

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

Ementa: 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-261/2025 - Engenharia de Fatores Humanos / Human Factors Engineering

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

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

MP-271/2025 - Modelagem e Identificação de Sistemas Dinâmicos

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: MP-171 ou curso equivalente. Horas semanais: 3-0-0-6. **Ementa:** 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-273/2025 - Controle por Modos Deslizantes/ Sliding Mode Control

Requisito recomendado: EE-209 ou equivalente. Requisito exigido: EE-208 ou equivalente. Horas semanais: 3-0-0-9. **Ementa:** 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. **Syllabus:** Introduction: a simple formulation; numerical study. Fundamental background: existence and uniqueness of solution of ODEs in the Lipschitz's sense and Filippov's sense; stability of nonlinear systems; finitetime stability; ultimately boundedness. First-order sliding mode control: single-input systems; multipleinput systems; chattering attenuation; examples. Integral and time-varying sliding mode control. Terminal sliding mode control: conventional; nonsingular; and fast; examples. Super-twisting algorithm. Higherorder sliding mode control. Adaptive sliding mode control schemes. Sliding mode observers. **Bibliografia:** STHESSEL, Y.; EDWARDS, C.; FRIDMAN L.; LEVANT, A. Sliding mode control and observation. New York: Springer. 2014. UTKIN, V.; GULDNER, J.; SHI, J. Sliding Mode Control in Electro-Mechanical Systems. Boca Raton: CRC, 2009. KHALIL, H. K. Nonlinear Systems. New Jersey: Prentice-Hall, 2002.

MP-275/2025 - Identificação de Sistemas Dinâmicos

Requisito recomendado: MP-271. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-1-6. **Ementa:** 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-277/2025 - 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. **Ementa:** 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:** MOIR, I., SEABRIDGE, A., Aircraft Systems: Mechanical, electrical and avionics subsystems integration, John Wiley & Sons, New York, 2008. WANG, S., TOMOVIC, M., LIU, H., Comercial Aircraft Hydraulic Systems, Academic Press, Waltham, USA, 2016. MARÉ, J-C, Aerospace Actuators 1: Needs, Reliability and Hydraulic Power Solutions, ISTE Ltda, 2016.

MP-282/2025 - Modelagem Dinâmica e Controle de Multicópteros

Requisito recomendado: EE-208 ou equivalente. Requisito exigido: MPS-43 ou equivalente. Horas semanais: 3-0-0-9. **Ementa:** 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 vetoriais longitudinalmente; quadricóptero com rotores vetoriais 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-288/2025 – Otimização em Engenharia Mecânica

Requisito recomendado: MAT LAB. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-5.

Ementa: 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 contentor, 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-289/2025 – Projeto Ótimo em Manufatura Aditiva / Optimum Design in Additive Manufacturing

Requisito recomendado: MP-288 ou equivalente. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-5.

Ementa: 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:** 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. BENDSOE, M.P.; SIGMUND, O. Topology Optimization: Theory, Methods, and Applications. Berlin: Springer-Verlag. 2004. doi:10.1007/978-3-662-05086-6. 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-290/2025 - Mecânica de Meios Contínuos / Continuum Mechanics

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

Ementa: 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:** GURTIN, M.E.; FRIED, E.; ANAND, L. The mechanics and thermodynamics of continua, New York: Cambridge University Press, 2010. SPENCER, A.J.M. Continuum mechanics, Mineola: Dover Publications, 2004. CHADWICK, P. Continuum mechanics: concise theory and problems, 2 ed. Mineola: Dover Publications, 1999.

MP-291/2025 – Dinâmica de Sistemas Mecânicos

Requisitos recomendados: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-4.

Ementa: 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-292/2025 - Modelagem Estocástica e Análise de Confiabilidade em Mecânica Estrutural

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

Ementa: 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 KarhunenLoève, 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. **Biblioografia:** 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-296/2025 – Dinâmica de Sistemas Multicorpos / Dynamics of Multibody Systems

Requisito recomendado: MP-291 ou equivalente. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-5. **Ementa:** 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:** SHABANA, A. A. Dynamics of multibody systems. 4 ed. Cambridge University Press, 2013. 397 p. NIKRAVESH, P.E. Computer-aided analysis of mechanical systems. Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1988. 370 p. RADE, D. A. Cinemática e dinâmica para engenharia. São Paulo: Elsevier, 2017. 592 p.

MP-298/2025 - Propagação de Ondas em Estruturas / Wave Propagation in Structures

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-4. **Ementa:** 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). **Syllabus:** 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:** DOYLE, J. F. Wave Propagation in Structures, 2. ed. New York: Springer, 1997, 321 p., GRAFF, K. F. Wave Motion in Elastic Solids, New York: Dover Publications, 1991, 688 p., LEE, U. Spectral Element Method in Structural Dynamics, Singapore: Wiley, 2009, 480 p.

MT-201/2025 - Fundamentos da Engenharia de Materiais

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. **Ementa:** 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-203/2025 - Ciência e Tecnologia de Filmes Finos / Thin Film Science and Technology

Requisito recomendado: FF-299. Requisito exigido: MT-201 ou equivalente. Horas semanais: 3-0-0-4. **Ementa:** 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. **Syllabus:** 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:** SMITH, D. L. Thin Film Deposition: Principles and Practice. Boston: McGraw-Hill Inc., 1995. SESHAN, K. Handbook of Thin Film Deposition: Processes and Technologies. Noerwich: Noyes Publications, 2002. OHRING, M. Materials Science of Thin Films. 2nd. ed. [s.l.] Academic Press, 2001.

MT-204/2025 - Integridade de Superfícies / Surface Integrity

Requisito recomendado: MT-201. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-3. **Ementa:** 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:** DAVIM, J.P. Surface Integrity in Machining. London: Springer-Verlag, 2010. 215p. TOTTEN, G.; HOWES, M.; INOUE, T. Handbook of residual stress and steel deformation. Materials Park: ASM, 2002. 499p. HAUK, V. Structural and Residual Stress Analysis by Nondestructive Methods. Amsterdam: Elsevier, 1997. 640p.

MT-220/2025 - Usinagem com Geometria Definida

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-1-4. **Ementa:** Introdução, precisão dimensional e tecnologia de medição. Fundamentos de usinagem, definições, noções sobre geometria, materiais de ferramenta. Meios lubrificantes. 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-221/2025 - Introdução à Ciência e Tecnologia dos Elastômeros

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. **Ementa:** 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 polymères, Paris, Fr.

MT-231/2025 - Metalurgia Física

Requisito recomendado: MT-201 ou equivalente. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-1-0-6. **Ementa:** 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-233/2025 - 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. **Ementa:** 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-242/2025 - Solidificação de Metais

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: MT-231. Horas Semanais: 3-0-0-6. **Ementa:** 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-247/2025 - 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. **Ementa:** 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 Association of SME. p. 404. 2004. (ISBN 0-87263-697-6). SCHAAF, P., Laser Processing of Materials: Fundamentals, Applications and Developments. 1st Edition., 2010, XIV, 231 p. ISBN: 978-3-642-13280-3.

MT-248/2025 – Manufatura Avançada

Requisito recomendado: MTP-45, MT-247. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-1-6. **Ementa:** 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-256/2025 – Comportamento Mecânico de Polímeros e Compósitos

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

Ementa: 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 – 2nd ed. , Cambridge University Press, 1996. YOUNG, R. J.; LOVELL, P. A. Introduction to Polymers – 3rd ed. , CRC Press, 2011. WARD, I. M.; SWEENEY, J. S. Mechanical Properties of Solid Polymers – John Wiley & Sons, 2013.

MT-271/2025 – Tópicos Avançados em Carbonos Estruturais

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

Ementa: Estrutura e ligação em carbonos. Imperfeições e ordem estrutural. Alotropia, polimorfismo e politismo. 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:** DELHAÈS, P., Fibers and Composites – 1st ed. , Gordon and Breach Sci Publishers, 2001. SAVAGE, J., Carbon Carbon Composites – 1st Ed. , Chapman & Hall, 1993. MARSH, H., REINOSO, F. R., Sciences of Carbon Materials, ed., Publicaciones Universidad de Alicante, 2000.

MT-280/2025 - Processamento Termomecânico de Ligas de Alumínio

Requisito recomendado: MT-231. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-2.

Ementa: 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. Fluênci a 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-281/2025 - Materiais Cerâmicos

Requisito recomendado: MT-231. Requisito exigido: MT-201. Horas semanais: 3-0-0-6. **Ementa:** 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-287/2025 – Produção de Componentes Aeronáuticos por Sinterização

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há Horas semanais: 3-0-0-6. **Ementa:** 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-291/2025 - Termodinâmica dos Materiais

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: MT-201 ou disciplina equivalente. Horas semanais: 3-0-0-6. **Ementa:** 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, John Wiley & Sons, 1995. RAGONE, D.R., Thermodynamics of materials - v.2, John Wiley & Sons, 1995.

MT-294/2025 - 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. **Ementa:** 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, 2^a Edição, 2006, ISBN: 85-212-0382-9; KRAUSS, G., Steels: Heat treatment and processing principles, ASM International, 2000, ISBN: 0-87170-370-X.

MT-299/2025 - Transformações Martensíticas

Requisito recomendado: MT-231. Requisito exigido: MT-201 ou Curso de Engenharia de Materiais ou Metalurgia. Horas semanais: 3-0-0-6. **Ementa:** 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 Doutoramento, Unicamp, 1996.

TE-210/2025 - Materiais Ablativos / Ablative Materials

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

Ementa: 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). Corte 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 poliaramid). 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). Nanosstructured ablative materials (nanotubes, nanofibers, clá, 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-222/2025 – Soldagem de Materiais de Uso Aeroespacial / Welding of Aerospace Materials

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-1-0-6.

Ementa: Introdução à soldagem; Fundamentos da metalurgia física de soldagem; Processos de soldagem (convencionais e especiais). Terminologia e simbologia de soldagem. Soldagem de ligas metálicas aeroespaciais (ligas ferrosas, ligas de alumínio e ligas de titânio); Ensaios mecânicos de juntas soldadas; Técnicas metalográficas para solda;

Normas e qualificação em soldagem; Laboratório de soldagem a laser. **Syllabus:** Introduction to welding; Fundamentals of welding physical metallurgy; Welding processes (conventional and special); Terminology and symbology of welding; Welding of aerospace metallic alloys (ferrous alloys, aluminum alloys and titanium alloys); Mechanical testing of welded joints; Metallographic techniques for welding; Standards and qualification in welding; Laboratory of laser welding. **Bibliografia:** WAINER, E.; et al. Soldagem: Processos e Metalurgia. São Paulo: Blucher, 1992. 494p., DULEY, W. W. Laser welding. 1 ed. New Jersey: John Wiley & Sons, 1998., MARQUES, P. V.; et al. Soldagem: Fundamentos e Tecnologia. Editora UFMG, Belo Horizonte, 2005, 362p.

4. ENGENHARIA ELETRÔNICA E COMPUTAÇÃO (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.

4.1 Áreas de Concentração e Linhas de Pesquisa

As atividades de ensino e pesquisa do PG-EEC encontram-se agrupadas nas áreas de concentração e linhas de pesquisa listadas a seguir.

Dispositivos e Sistemas Eletrônicos (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 (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 (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 (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 (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).

4.2 Coordenador e Representantes de Área

Coordenador do EEC	Gabriela Werner Gabriel
Representante do EEC-D	Marcus Henrique Victor Júnior
Representante do EEC-I	Joicymara Santos Xavier
Representante do EEC-M	Daniel Chagas do Nascimento
Representante do EEC-S	Renan Lima Pereira
Representante do EEC-T	Dimas Irion Alves

4.3 Corpo Docente

4.3.1 Corpo Docente Permanente

Adilson Marques da Cunha, EEC-I

Inteligência Artificial, Engenharia de Software, Sistemas de Informação Computadorizados.
(e-mail: adilson.cunha@gp.ita.br)

Alison de Oliveira Moraes, EEC-T

GNSS, Aviônica, Telemetria Aeroespacial, Geofísica Espacial, Análise da ionosfera com ênfase nos efeitos das bolhas de plasma que afetam sinais de rádio.
(e-mail: alison.moraes@gp.ita.br)

Ana Carolina Lorena, EEC-I

Mineração de dados, aprendizado de máquina supervisionado e ciência de dados.
(e-mail: ana.lorena@gp.ita.br)

Bartolomeu Ferreira Uchôa Filho, EEC-T

Engenharia Elétrica, codificação de canal, processamento de sinais para comunicações, superfícies inteligentes reconfiguráveis, técnicas de acesso múltiplo, sistemas 5G/6G.
(e-mail: bartolomeu@ita.br)

Cairo Lúcio Nascimento Júnior, EEC-S

Redes Neurais Artificiais e suas Aplicações em Controle, Filtragem Estocástica, Robótica, Teoria de Controle e suas Aplicações.
(e-mail: cairo.nascimento@gp.ita.br)

Carlos Alberto Alonso Sanches, EEC-I

Teoria da Computação, Elaboração e Análise de Algoritmos Paralelos.
(e-mail: carlos.alonso@gp.ita.br)

Carlos Henrique Costa Ribeiro, EEC-I

Robótica Móvel, Aprendizagem e Métodos Adaptativos, Inteligência Artificial, Otimização Combinatória.
(e-mail: carlos.ribeiro@gp.ita.br)

Carlos Henrique Quartucci Forster, EEC-I

Visão Robótica, Sistemas Inteligentes, Análise de Padrões em Dados, Projeto de Interação Homem-máquina e Visualização de Informações.
(e-mail: carlos.forster@gp.ita.br)

Cecília de Azevedo Castro Cesar, EEC-I

Redes de Computadores, Redes Sem Fio, Redes Móveis, Segurança Cibernética e Internet das Coisas.
(e-mail: cecilia@ita.br)

Celso Massaki Hirata, EEC-I

Simulação Discreta, Processamento Distribuído, Processamento Paralelo.
(e-mail: celso.hirata@gp.ita.br)

César Augusto Cavalheiro Marcondes, EEC-I

Redes de computadores e prática de segurança de computadores, segurança BGP, análise de malware, intrusão baseada em comportamento (IDS), Redes Definidas por Software (SDN), Redes Experimentais para Internet do Futuro, Machine Learning para segurança.
(e-mail: cesar.marcondes@gp.ita.br)

Daniel Basso Ferreira, EEC-M

Síntese de Diagramas de Irradiação de Redes de Antenas de Microfita Planas e Esféricas.
(e-mail: daniel.ferreira@gp.ita.br)

Daniel Chagas do Nascimento, EEC-M

Engenharia Elétrica, com ênfase em Teoria Eletromagnética, Micro-ondas, Propagação de Ondas, Antenas de microfita, Circuitos Passivos e Ativos.
(e-mail: daniel.nascimento@gp.ita.br)

Denis Silva Loubach, EEC-I

Sistemas embarcados e de tempo real, computação reconfigurável, projeto de sistemas baseado em modelos formais de computação.
(e-mail: denis.loubach@gp.ita.br)

Dimas Irion Alves, EEC-T

Engenharia de Telecomunicações e Engenharia Elétrica com ênfase em sistemas SAR, sistemas Radar, processamento de sinais, processamento de imagens e processamento de informação.
(e-mail: dimas.irion@gp.ita.br)

Duarte Lopes de Oliveira, EEC-D

Metodologias e ferramentas (CAD) para síntese de controladores assíncronos, sistemas GALS, síntese comportamental de sistemas digitais assíncronos, metodologias e ferramentas (CAD) para síntese de sistemas digitais síncronos para baixo consumo, arquiteturas voltadas para aplicações de alto desempenho e dispositivos programáveis.
(e-mail: duarte.oliveira@gp.ita.br)

Edison Puig Maldonado, EEC-M

Física do laser e optoeletrônica, aplicações da luz laser em dispositivos e processos.
(e-mail: puig@ita.br)

Eduardo Lenz Cesar, EEC-S

Engenharia Elétrica, com ênfase em Controle Aplicado à Eletrônica de Potência.
(e-mail: eduardo.lenz@gp.ita.br)

Elton Felipe Sbruzzi, EEC-I

Matemática Computacional, Econometria, Projeto de Aprendizado de Máquina em Finanças e Modelagem de Investimentos e Riscos. Pesquisa aplicação de Ciência de Dados e Inteligência Artificial em Finanças e Investimentos
(e-mail: elton.sbruzzi@gp.ita.br)

Felix Dieter Antreich, EEC-T

Engenharia Elétrica, Satellite Navigation.
(e-mail: afelix.antreich@gp.ita.br)

Filipe Alves Neto Verri, EEC-I

Ciência de dados, aprendizado de máquina, redes complexas e sistemas complexos.
(e-mail: filipe.verri@gp.ita.br)

Gabriela Werner Gabriel, EEC-S

Teoria de Controle Aplicada a Sistemas Híbridos e Sistemas Markovianos.
(e-mail: gabriela.gabriel@gp.ita.br)

Gefeson Mendes Pacheco, EEC-M

Dispositivos Optoeletrônicos, Processamento Óptico, Eletromagnetismo Aplicado.
(e-mail: gefeson.pacheco@gp.ita.br)

Jairo Panetta, EEC-I

Computação científica, Supercomputação, Processamento Paralelo e Processamento de Alto Desempenho.
(e-mail: jairo.panetta@gp.ita.br)

João Luiz Filgueiras Azevedo, EEC-I

Aerodinâmica Computacional.
(e-mail: joao.azevedo@gp.ita.br)

Johnny Cardoso Marques, EEC-I

Certificação de software embarcado, definição de processos de desenvolvimento de software embarcado, uso de software embarcado em plataformas de aeronaves civis e militares.
(e-mail: johnny.marques@gp.ita.br)

Joicymara Santos Xavier, EEC-I

Biologia Computacional, Engenharia de Software, Vigilância Digital.
(e-mail: joicymara.xavier@gp.ita.br)

José Maria Parente de Oliveira, EEC-I

Ontologia, *Big Data*, Ciência de Dados, Dados Conectados.
(e-mail: jose.parente@gp.ita.br)

Juliana de Melo Bezerra, EEC-I

Engenharia de Sistemas, Safety, Processamento Distribuído.
(e-mail: juliana.bezerra@gp.ita.br)

Karl Heinz Kienitz, EEC-S

Controle Robusto, Controle de Sistemas Aeroespaciais, Aplicações de Teoria de Controle, Conjuntos Nebulosos.
(e-mail: karl.kienitz@gp.ita.br)

Leonardo Ramos Rodrigues, EEC-S

Monitoramento de Sistemas, Detecção de Falhas, Prognóstico de Falhas.
(e-mail: leonardo.rodrigues@gp.ita.br)

Lester de Abreu Faria, EEC-D

Eletrônica aplicada, Microeletrônica Analógica e Digital, Circuitos Mistos.
(e-mail: lester.faria@gp.ita.br)

Lourenço Alves Pereira Júnior, EEC-I

Segurança Cibernética, Redes de Computadores e Internet das Coisas.
(e-mail: lourenco.junior@gp.ita.br)

Lucas Compassi Severo, EEC-D

Circuitos ativos na faixa de micro-ondas, sistemas de comunicação para aplicações aeroespaciais, sistemas aviônicos e sistemas embarcados.
(e-mail: severolcs@ita.br)

Luiz Alberto Vieira Dias, EEC-I

Engenharia de Software.
(e-mail: luiz.dias@gp.ita.br)

Luiz Gustavo Bizarro Mirisola, EEC-I

Engenharia de Computação, com ênfase em Robótica e Visão por Computador.
(e-mail: luiz.mirisola@gp.ita.br)

Marcelo da Silva Pinho, EEC-T

Sistemas de Telecomunicações, Codificação de Fonte, Compressão de Imagens, *String Matching*, *Universal Source Coding*, *Lempel-Ziv Coding*.
(e-mail: marcelo.pinho@gp.ita.br)

Marcelo Gomes da Silva Bruno, EEC-T

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: marcelo.bruno@gp.ita.br)

Marcos Ricardo Omena de Albuquerque Maximo, EEC-I
Robótica Móvel, Sistemas Autônomos, Inteligência Artificial, Controle.
(e-mail: marcos.maximo@gp.ita.br)

Marcus Henrique Victor Júnior, EEC-D
Processamento de imagens e sinais biológicos, tomografia de impedância elétrica, tomografia computadorizada de raios-X.
(e-mail: marcus.victor@gp.ita.br)

Mariá Cristina Vasconcelos Nascimento Rosset, EEC-I
Engenharia de Produção, Pesquisa Operacional, Especialidade: Teoria dos Grafos.
(e-mail: mariah@ita.br)

Neusa Maria Franco de Oliveira, EEC-D
Sistemas embarcados, sistemas eletrônicos para veículos aéreos não-tripulados.
(e-mail: neusa.oliveira@gp.ita.br)

Osamu Saotome, EEC-D
Processamento Digital de Sinais, Comunicação Digital.
(e-mail: osamu.saotome@gp.ita.br)

Paulo André Lima de Castro, EEC-I
Inteligência artificial com ênfase em Sistemas Multiagentes.
(e-mail: paulo.andre@gp.ita.br)

Paulo Marcelo Tasinazzo, EEC-I
Inteligência Artificial, Redes Neurais Artificiais, Sistemas de Controle, Otimização de Sistemas Dinâmicos.
(e-mail: paulo.tasinazzo@gp.ita.br)

Renan Lima Pereira, EEC-S
Controle de Processos, Controle Robusto, LMI, Identificação de Sistemas e Inteligência Artificial.
(e-mail: renan.pereira@gp.ita.br)

Renato Machado, EEC-T
Comunicações e Processamento Digital de Sinais, Sistemas de Comunicação sem Fio, Processamento de Imagens SAR, Sistemas Cooperativos e Comunicação via Rede Elétrica.
(e-mail: renato.machado@gp.ita.br)

Roberto d'Amore, EEC-D
Arquitetura de Sistemas Digitais Integrados, Circuitos para Controladores Nebulosos e Microeletrônica.
(e-mail: roberto.damore@gp.ita.br)

Roberto Kawakami Harrop Galvão, EEC-S

Controle Preditivo; Processamento de Sinais, Identificação de Sistemas empregando Wavelets.
(e-mail: roberto.kawakami@gp.ita.br)

Rubens Junqueira Magalhães Afonso, EEC-S
Controle Preditivo, Planejamento de Trajetórias para Veículos Aéreos Não-Tripulados.
(e-mail: rubens.afonso@gp.ita.br)

Sarah Negreiros de Carvalho Leite, EEC-T
Processamento de Sinais de Fala, Processamento de Sinais Cerebrais, Processamento de Sinais de Radar, Aprendizado de Máquina, Interface Cérebro-Computador, Tecnologias Assistivas, Telecomunicações e Inteligência Artificial.
(e-mail: sarahnc@ita.br)

Takashi Yoneyama, EEC-S
Controle Ótimo, Controle Estocástico, Aplicações de Técnicas de Inteligência Artificial em Controle.
(e-mail: takashi.yoneyama@gp.ita.br)

Valerio Rosset, EEC-I
Segurança computacional, redes de computadores, redes cognitivas e uso de tecnologias disruptivas, como o IA e Blockchain, no contexto de comunicações em redes e segurança cibernética.
(e-mail: rosset@ita.br)

Vitor Venceslau Curtis, EEC-I
Análise e Desenvolvimento de Algoritmos e suas Aplicações.
(e-mail: vitor.curtis@gp.ita.br)

4.3.2 Corpo Docente Colaborador

Ildefonso Bianchi, EEC-M
Antenas, Rede de Antenas, Circuitos Passivos em Microfita, Micro-ondas.
(e-mail: ildefonso.bianchi@gp.ita.br)

Monica Mitiko Soares Matsumoto, EEC-M
Engenharia Biomédica, Processamento de Sinais Biológicos, Processamento de Imagens Médicas, Reconhecimento de Padrões.
(e-mail: monica.matsumoto@gp.ita.br)

Nei Yoshihiro Soma, EEC-I
Otimização Combinatória, Teoria da Computação; Autômatas Celulares.
(e-mail: nei.soma@gp.ita.br)

4.4 Disciplinas

4.4.1 Dispositivos e Sistemas Eletrônicos - PG/EEC-D

a) Disciplinas Obrigatórias

Sigla	Título	Crédito Máximo
EA-253	Projeto em Eletrônica Aplicada */**	3

b) Disciplinas Eletivas

Sigla	Título	Crédito Máximo
EA-127	Microcontroladores e Sistemas Embarcados	2
EA-251	Plataformas Virtuais e Reconfigurabilidade em Tempo de Execução / Virtual and Run-time Reconfigurable (RTR) Platforms	3
EA-253	Projetos em Eletrônica Aplicada	3
EA-254	Microcontroladores e Sistemas Embarcados	3
EA-265	Projeto de Circuitos integrados MOS	3
EA-268	Processadores de Sinais Digitais	3
EA-269	Dispositivos Lógicos Programáveis para Processamento Intensivo	3
EA-277	Linguagem VHDL: Descrição e Síntese de Circuitos Digitais	3
EA-281	Otimização de Sistemas Digitais	3
EA-282	Projeto de Circuitos Assíncronos	3
EA-284	Sistemas VLSI	3
EA-288	Introdução à Tecnologia ASIC e Metodologia de Projeto	3
EA-289	Tecnologia ASIC e Metodologia de Projeto&&&	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-295	Projeto de Chip ASIC	3
EA-296	Avaliação de um Circuito Integrado	3
EA-297	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-352	Seminários em Engenharia Biomédica	2
EA-500	Tese †	0
EA-601	Estágio Docência I ***	3

4.4.2 Informática - PG/EEC-I

a) Disciplinas Obrigatórias

Sigla	Título	Crédito Máximo
CT-208	Matemática da Computação **	3
CT-234	Estruturas de Dados, Análise de Algoritmos e Complexidade Estrutural *	3
CT-301	Seminário de Tese I */**	1
CT-302	Seminário de Tese II */**	1

b) Disciplinas Eletivas

Sigla	Título	Crédito Máximo
CC-297	Elementos de Mecânica dos Fluídos Computacional &&&/ Elements of Computational Fluid Mechanics &&&	3
CC-299	Métodos Numéricos de Alta Ordem / High Order Numerical Methods	3
CE-220	Fundamentos de Engenharia de Software	3
CE-221	Metodologia da Pesquisa em Computação	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-262	Tópicos em Web Semântica	3
CE-263	Técnicas de Big Data / Big Data Techniques (Houve atualização da ementa em 05/11/2020 – Prof. Parente)	3
CE-265	Processamento Paralelo	3
CE-266	Ontologia e Modelagem de Dados	3
CE-284	Fundamentos de Segurança Cibernética / Fundamentals of Cybersecurity &&&	3
CE-288	Programação Distribuída	3
CE-289	Internet das Coisas / Internet of Things	3
CE-294	Engenharia de Requisitos de Sistemas Complexos com Software	3
CE-297	Modelos e Técnicas de Safety: Sistemas Computacionais &&&	3
CE-299	Inteligência Artificial para Segurança Cibernética/Artificial Intelligence for Cybersecurity	3
CI-480	Técnicas de Criptanálise da Criptografia de Chave Pública RSA	1
CM-201	Projeto e Fabricação de Robôs Móveis	3
CM-202	Planejamento e Controle para Robótica Móvel	3
CM-203	Visão Computacional	3

CM-204	Aprendizado Profundo &&&	3
CM-219	Processamento de Linguagem Natural/ Natural Language Processing	3
CS-282	Sistemas de Software Seguro/ Secure Software Systems	3
CS-283	Segurança por Projeto	3
CT-208	Matemática da Computação	3
CT-209	Matemática Discreta Voltada à Criptografia/ Discrete Mathematics Aimed at Cryptography	3
CT-213	Inteligência Artificial para Robótica Móvel &&&/ Artificial Intelligence for Mobile Robotics &&&	3
CT-221	Redes Neurais com Aprendizagens Clássica e Profunda	3
CT-234	Estruturas de Dados, Análise de Algoritmos e Complexidade Estrutural	3
CT-236	Redes Sociais Complexas &&&	3
CT-246	Redes de Computadores	3
CT-500	Tese †	0
CT-601	Estágio Docência I ***	3
CT-602	Estágio Docência II ***	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
SC-271	Engenharia de Sistemas Computacionais	3

4.4.3 Micro-ondas e Optoeletrônica - PG/EEC-M

a) Disciplinas Obrigatórias

Sigla	Título	Crédito Máximo
EC-212	Teoria Eletromagnética */**	3
EC-301	Seminário de Tese */**	1

b) Disciplinas Eletivas

Sigla	Título	Crédito Máximo
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-225	Circuitos Integrados Ópticos	3
EC-240	Comunicações Ópticas	3
EC-260	Teoria de Antenas	3
EC-262	Antenas de Microlinha	3
EC-266	Dispositivos a Semicondutores em Micro-ondas e Optoeletrônica	3
EC-277	Circuitos Passivos em Microlinha	3

EC-290	Métodos Matemáticos do Eletromagnetismo	3
EM-211	Fundamentos e Aplicações do Laser para Engenheiros	3
EC-500	Tese †	0
EC-601	Estágio Docência I ***	3
EC-602	Estágio Docência II ***	3

4.4.4 Sistemas e Controle - PG/EEC – S

a) Disciplinas Obrigatórias

Sigla	Título	Crédito Máximo
EE-208	Sistemas de Controles Lineares / Linear Control Systems	3
EE-301	Seminário de Tese I */** / Thesis Seminar I */**	1

b) Disciplinas Eletivas

Sigla	Título	Crédito Máximo
EE-191	Introdução à Engenharia de Sistemas / Introduction to Systems Engineering	2
EE-209	Sistemas de Controles Não Lineares * / Nonlinear Control Systems *	3
EE-210	Tópicos em Sistemas e Controle	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-268	Sistemas Amostrados através de DLMI	3
EE-271	Sistemas Multivariáveis Lineares / Linear Multivariable Systems	3
EE-273	Controladores Lineares Robustos / Linear Robust Controllers	3
EE-500	Tese †	0
EE-601	Estágio Docência I ***	3
EE-602	Estágio Docência II ***	3

4.4.5 Telecomunicações - PG/EEC-T

a) Disciplinas Obrigatórias

Sigla	Título	Crédito Máximo
ET-300	Seminário em Telecomunicações / Telecommunications Seminar */**	1

b) Disciplinas Eletivas

Sigla	Título	Crédito Máximo
ET-231	Teoria da Informação	3
ET-236	Processos Estocásticos	3
ET-237	Processamento de Sinais Aleatórios / Statistical Signal Processing &&&	3
ET-272	Comunicações Aeronáuticas / Aeronautical Communications	3
ET-283	Processamento de Sinais Cerebrais / Brain Signal Processing &&&	3
ET-284	Processamento de Sinais de Radar/Radar Signal Processing &&&	3
ET-286	Processamento Digital de Sinais/Digital Signal Processing &&&	3
ET-287	Processamento de Sinais usando Redes Neurais / Signal Processing using Neural Networks &&&	3
ET-290	Comunicações Digitais / Digital Communication &&&	3
ET-291	Radar de Abertura Sintética (SAR) / Synthetic Aperture Radar (SAR) &&&	3
ET-292	Clima Espacial e Telecomunicações / Communications and Space Weather &&&	3
ET-293	Processamento de Sinais em Sistemas Globais de Navegação por Satélite (GNSS) &&& / GNSS Signal Processing &&&	3
ET-294	Comunicações sem fio I / Wireless Communications I &&&	3
ET-295	Comunicações sem fio II / Wireless Communications II &&&	3
ET-297	Processamento de Sinais em Arranjos de Antenas &&& / Antenna Array Signal Processing &&&	3
ET-500	Tese †	0
ET-601	Estágio Docêncio I ***	3
ET-602	Estágio Docêncio II ***	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.
- Observação: a realização de CT-300 no mestrado não dispensa o aluno de cursá-la novamente durante seu eventual doutorado.
- Observação: a realização de EC-301 no mestrado não dispensa o aluno de cursá-la novamente durante seu eventual doutorado.
- Observação: a realização de EE-301 no mestrado não dispensa o aluno de cursá-la novamente durante seu eventual doutorado.

- Observação: a realização de ET-300 no mestrado não dispensa o aluno de cursá-la novamente durante seu eventual 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 & 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.

4.5 EMENTAS

A carga horária semanal das disciplinas abaixo é representada por quatro números separados por um hífen. O primeiro representa 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; o quarto, o número de horas estimadas para estudo em casa, necessárias para acompanhar a disciplina. Cada período letivo compreende 16 semanas de aulas.

CC-297/2025 - Elementos de Mecânica dos Fluídos Computacional / Elements of Computational Fluid Mechanics

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

Ementa: Revisão das formulações e equações governantes fundamentais da Mecânica dos Fluídos. 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. **Syllabus:** 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.

CE-230/2025 – Métodos Numéricos de Alta Ordem / High Order Numerical Methods

Requisito recomendado: Não há Requisito exigido: CC-297. Horas semanais: 3-0-0-6.

Ementa: 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. **Syllabus:** 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-220/2025 - Fundamentos de Engenharia de Software

Requisito recomendado: CES-20. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-1.

Ementa: 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 practitioner'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-221/2025 – Metodologia de Pesquisa em Computação / Research Methodology in Computing

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 2-0-0-3.

Ementa: Classificação das Pesquisas em Ciência da Computação; Tipos de Pesquisa em Ciência da Computação; Método Científico; Elementos da Pesquisa; Revisão Bibliográfica; Mapeamento e Revisão Sistemática da Literatura; Design Research Science; Design Experimental; Escrita Acadêmica de Dissertação, Tese e Artigos Científicos; Ética Acadêmica. **Syllabus:** Research Classification in Computer Science; Types of Research in Computer Science; Scientific Method Research Elements; Literature review; Mapping and Systematic Review of Literature; Design Research Science; Experimental Design; Writing of Dissertation, Thesis, and Scientific Articles; Academic Ethics. **Bibliografia:** WAZLAWICK, R. S. Metodologia de Pesquisa para Ciência da Computação, 3^a ed., LTC, 2020. DREASCH, A., LACERDA, D. P., ANTUNES, J. A. V. J. Design Science Research: Método de Pesquisa para Avanço da Ciência e Tecnologia, 1^a ed. Bookman, 2014.

Nakagawa, E. Revisão Sistemática da Literatura em Engenharia de Software: Teoria e Prática, 1^a.ed., LTC, 2017.

CE-229/2025 - Teste de Software

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 2-1-3-4. **Ementa:** 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-230/2025 - Qualidade, Confiabilidade e Segurança de Software

Requisito recomendado: CE-220. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. **Ementa:** 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-235/2025 - Sistemas Embarcados de Tempo Real

Requisito recomendado: CE-220. Requisitos exigidos: Não há. Horas semanais: 3-0-1-2. **Ementa:** 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, Mallac, Templates, Linguagem C ou C++, Relocação e Linker); Comunicação com o mundo real (camada de isolação 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-237/2025 - Tópicos Avançados em Teste de Software

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: CE-229. Horas semanais: 3-0-0-6. **Ementa:** 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-240/2025 - Projeto de Sistemas de Banco de Dados

Requisitos recomendado: Não há. Requisito exigido: CES-30 ou equivalente. Horas semanais: 2-1-3-4. **Ementa:** 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:** 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., SILBERSCHATZ, A., and SUDARSHAN, S. "Sistema de Banco de Dados", 6^a Ed. São Paulo, SP: Elsevier – Campus, 2012.

CE-245/2025 - Tecnologia da Informação

Requisito recomendado: CE-240 ou equivalente. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 2-1-3-4. **Ementa:** 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^a Ed. São Paulo, SP: Saraiva, 2011; O'BRIEN, A. and MARAKAS, G. "Management Information Systems". 10th 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-262/2025 – Tópicos em Web Semântica

Requisito recomendado: CE-261. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6.

Ementa: 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-263/2025 - Técnicas de Big Data / Big Data Techniques

Requisito recomendado: CE-240 – Projeto de Sistemas de Banco de Dados. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. **Ementa:** Conceitos Gerais de Big Data, Armazenamento de Dados Estruturados; Modelagem de Dados Estruturados: Modelagem Relacional; Modelagem Dimensional; Armazenamento de Dados Não-Estruturados (NoSQL, key-value, Document, Column-Family, Graph), Infraestrutura para Big Data (Hadoop, MapReduce, Ecossistema Hadoop); Modelagem de Dados para Big Data: Ingestão de dados; Exploração de Dados; Mineração de Dados, Análise de Dados em Big Data. **Syllabus:** General concepts on big data, data storage; structured data modeling: relational data modeling; dimensional data modeling; non structured data storage (NoSQL, key-value, Document, Column-Family, Graph); Big data infrastructure (Hadoop, MapReduce, Hadoop ecosystem); Big data modeling: data ingestion; data exploitation; data mining; Big data analysis. **Bibliografia:** RAJARAMAN, A.; LESKOVEC, J.; ULLMAN, J. Mining of Massive Datasets. Cambridge: Cambridge University Press, 2014. BERMAN, J. J. Principles of Big Data: Preparing, Sharing, and Analyzing Complex Information. Waltham: Morgan Kaufmann, 2013. 1^a ed. SADALAGE, P. J.; FOWLER, M. NoSQL Distilled: A Brief guide to the Emerging World of Polyglot Persistence. Crawfordsville: Pearson Education, 2013.

CE-265/2025 – Processamento Paralelo

Requisito recomendado: CES-25 ou disciplina equivalente. Requisito exigido: Consentimento do professor. Horas semanais: 3-0-0-6. **Ementa:** 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-266/2025 – Ontologia e Modelagem de Dados/Ontology and Data Modeling

Requisito recomendado: Fundamentos de engenharia de software, banco de dados e inteligência artificial. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. **Ementa:** Conceituação geral de sistemas de informação; Conceituação geral e tipos de ontologia; Ontologia de fundamentação; Ontologia social de John Searle; Desenvolvimento de ontologia; Implementação de ontologia; Papéis de ontologia em sistemas de informação e de inteligência artificial; Grafos de Conhecimento; Modelagem de dados relacionais; Modelagem de dados não relacionais; Integração de dados baseada em ontologias; Ontologias e grafos de conhecimento em LLM. **Syllabus:** General conceptualization of information systems; General conceptualization and types of ontology; Grounding ontology; John Searle's social ontology; Ontology development; Ontology implementation; Ontology roles in information systems and artificial intelligence; Knowledge Graphs; Relational data modeling; Non-relational data modeling; Ontology-based data integration; Ontologies and knowledge graphs in LLM. **Bibliografia:** Allemang, D.; Hendler, J. Semantic Web for the Working Ontologist: Effective Modeling in RDFS and OWL. Boston: Elsevier, 2011, 2nd ed.; Arp, R.; Smith, B.; Spear, A. D.: Building Ontologies with Basic Formal Ontology. Cambridge: MIT Press, 2015.; Seth, Earley. The AI-Powered Enterprise. LifeTree, 2020.

CE-284/2025 - Fundamentos de Segurança Cibernética / Fundamentals of Cybersecurity

Requisito recomendado: CES-11. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. **Ementa:** 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. **Syllabus:** 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:** 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. William Stallings, Lawrie Brown. Computer Security: Principles and Practice. 4th Edition. Pearson, 2017.

CE-288/2025 - Programação Distribuída

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. **Ementa:** 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 gerais 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-289/2025 - Internet das Coisas / Internet of Things

Requisito recomendado: CES-11. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 2-0-1-4.

Ementa: 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:** Rajkumar Buya, Amir Vahid Dastjerdi. *Internet of Things - Principles and Paradigms*, Elsevier Inc. 2016. Qusay F. Hassan, "Index," in *Internet of Things A to Z: Technologies and Applications*, IEEE, 2018, pp.doi: 10.1002/9781119456735.index. Liu, K, Li, X. *Mobile SmartLife via Sensing, Localization, and Cloud Ecosystems*. First Edition. CRC Press, Taylor & Francis Group, 2018.

CE-294/2025 - Engenharia de Requisitos de Sistemas Complexos com Software/ Requirements Engineering for Complex Systems with Software

Requisito recomendado: CE-220 (Fundamentos de Engenharia de Software) ou equivalente. Requisitos exigidos: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. **Ementa:** 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. **Syllabus:** Definitions. Types of requirements. Requirements levels. Overview of the Requirements Engineering process. Survey, analysis, documentation, verification, validation, traceability and management. Requirements modelling languages and forms. Requirements management tools. Requirements reuse. Requirements' complexity. Risk management in Requirements Engineering. Requirements Engineering in critical and socio-technical domains. Requirements Engineering in a data warehouse. Requirements engineering in cloud systems. Requirements engineering for cybersecurity. Requirements engineering for the Internet of Things. **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-297/2025 – Modelos e Técnicas de Safety: Sistemas Computacionais

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

Ementa: 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-299/2025 - 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. **Ementa:** 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:** Leslie F. Sikos. AI in Cybersecurity. 1st Ed. 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.

CI-480/2025- Técnicas de Criptanálise da Criptografia de Chave Pública RSA/ Cryptanalysis Techniques of RSA Public Key Cryptography

Requisito recomendado: Não há. Requisitos exigidos: Não há. Horas semanais: 0-0-0-6.

Ementa: Seleção de um padrão de notação de aritmética modular apropriada para criptografia de chave pública RSA. Estrutura matemática modular utilizada para a quebra do RSA. Ataques elementares do RSA. Métodos de quebra mais avançados do RSA. Proposta de taxonomia dos tipos de quebra do RSA. Classificação do algoritmo para quebra do RSA proposto na pesquisa de acordo com essa taxonomia. Proposta de baterias de testes para quebra do RSA encontradas na literatura e outras definidas nesta pesquisa. Validação do algoritmo proposto em baterias sucessivas de testes de quebra do RSA. Tabulação dos resultados de quebra. **Syllabus:** Selection of a modular arithmetic notation standard suitable for RSA public key cryptography. Modular mathematical structure used to break the RSA. Elementary RSA attacks. More advanced RSA breaking methods. Taxonomy

proposal of the RSA break types. Classification of the algorithm for breaking the RSA proposed in the research according to this taxonomy. Proposed test batteries for breaking RSA found in the literature and others defined in this research. Validation of the proposed algorithm in successive batteries of RSA break tests. Breaking results tabulation. **Bibliografia:** Yan, Song Y. Computational Number Theory and Modern Cryptography, Wiley-HE Press, 2013. Yan, Song Y. Cryptanalytic Attacks on RSA, Springer, 2008. Hinek, M. J. Cryptanalysis of RSA and Its Variants, CRC Press, 2010.

CM-201/2025 - Projeto e Fabricação de Robôs Móveis/Design and Manufacturing of Mobile Robots

Requisito recomendado: CES-11. Requisitos exigidos: Não há. Horas semanais: 1-0-3-5. **Ementa:** 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. **Syllabus:** Mobile Robotics. Management of engineering projects. Computer-aided mechatronic design. Robot mechanical structure design and fabrication. Printed circuit board design and fabrication. Embedded systems. Sensors and actuators. Mechatronic systems integration. Software Engineering. Software development tools. Software architecture for intelligent agents. Computer Vision. Motion planning and control of mobile robots. Autonomous decision-making with artificial intelligence. Robot team coordination. Robot competition. **Bibliografia:** RITCHIEY, L. W. Right The First Time: A Practical Handbook On High Speed PCB and System Design. Speeding Edge Summer, 2003. SIEGWART, Roland; NOURBAKHS, 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-202/2025 - Planejamento e Controle para Robótica Móvel/Planning and Control for Mobile Robotics

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. **Ementa:** 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.

Syllabus: Path planning and trajectory planning. Potential fields. Discrete search-based planning. Sampling-based motion planning. Classical and modern control review. Introduction to model predictive control. Trajectory planning with model predictive control. Sensors and actuators models. Actuator control. Kinematics and dynamics of mobile robots. Differential-drive robot control. Omnidirectional robot control. Legged robot control. Humanoid robot control. **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.

CM-203/2025 – Visão Computacional/Computer Vision

Requisito recomendado: CES-11. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6.

Ementa: Aquisição. Iluminação. Análise de textura. Análise de forma. Filtros. Processamento de imagens. Detecção de características. Transformada de Hough. Casamento de padrões abstratos. Visão estéreo. Processamento 3D. Análise de movimento. Análise de vídeo. Hardware. Processamento em tempo real. Estatística robusta. Reconhecimento de padrões. Morfologia. Redes neurais artificiais. Redes Neurais Convolucionais. Detecção de Objetos. Segmentação. Rastreio de Objetos. Atenção Visual.

Syllabus: Acquisition. Illumination. Texture analysis. Shape analysis. Filters. Image processing. Feature detection. Hough transform. Template matching. Stereo vision. 3D processing. Motion analysis. Video analysis. Hardware. Real-time processing. Robust statistics. Pattern recognition. Morphology. Artificial neural networks. Convolutional neural networks. Object detection. Segmentation. Object tracking. Visual Attention.

Bibliografia: SZELISKI, R. Computer Vision: Algorithms and Applications, 2nd ed. Springer, 2021. HOWARD, J.; GUGGER, S. Deep Learning for Coders with Fastai and Pytorch: AI Applications Without a PhD. O'Reilly Media, Incorporated, 2020. GOODFELLOW, Ian; BENGIO, Yoshua; COURVILLE, Aaron; BACH, Francis. Deep Learning. The MIT Press, 2016.

CM-204/2025 - Aprendizado Profundo/ Deep Learning

Requisito recomendado: CES-11. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6.

Ementa: Introdução à Otimização e ao Aprendizado de Máquina. Redes Neurais. Redes Neurais Profundas. Redes Neurais Convolucionais. Detecção de Objetos. Segmentação. Detecção de Pontos de Interesse. Redes Neurais Recorrentes. Processamento de Linguagem Natural. Atenção e Arquitetura Transformers. Aprendizado por Reforço. Gradiente de Política. Modelos Generativos. Grandes Modelos de Linguagem (LLMs). Segurança de IA.

Syllabus: Introduction to Optimization and Machine Learning. Neural Networks. Deep Neural Networks. Convolutional Neural Networks. Object Detection. Segmentation. Keypoint Detection. Recurrent Neural Networks. Natural Language Processing. Attention and Transformers. Reinforcement Learning. Policy Gradient. Generative Models. Large Language Models (LLMs). AI Safety. **Bibliografia:** 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, 2018. ZHANG, A.; LIPTON, Z. C.; LI, M.; SMOLA, A. J. Dive into Deep Learning. Cambridge University Press, 2023.

CM-219/2025 - Processamento de Linguagem Natural/ Natural Language Processing

Requisitos recomendados: Noções de linguagens formais, probabilidades e machine learning. Requisitos exigidos: Não há. Horas semanais: 2-0-1-3. **Ementa:** Níveis do conhecimento linguístico. Preparação de texto para análise. Similaridades, agrupamento e visualização. Thesauri e desambiguação. Representação vetorial e métodos de classificação. Redes neurais para texto. Modelos probabilísticos gerativos aplicados ao texto. Expressões regulares e autômatos para extração de informações. Análise sintática por constituintes, por dependência, probabilística e superficial. Redução de dimensionalidade e modelagem de tópicos. Síntese de linguagem e tradução. **Syllabus:** Levels of linguistic knowledge. Text preparation for analysis. Similarities, grouping and visualization. Thesauri

and disambiguation. Vector-space representation and classification methods. Neural networks for text. Generative probabilistic models applied to text. Regular expressions and automata for information extraction. Syntactic analysis by constituents, by dependency, probabilistic and superficial. Dimensionality reduction and topic modeling. Language synthesis and translation. **Bibliografia:** JURAFSKY, D.; MARTIN, J. H. Speech and language processing. Pearson London, 2014; GOYAL, P., PANDEY, S.; JAIN, K. Deep Learning for Natural Language Processing. Apres Media Bangalore, 2018; SCHUTZE, H., MANNING, C.; RAGHAVAN, P. Introduction to information retrieval. Cambridge University Press, 2008.

CS-282/2025 - Sistemas de Software Seguro/ Secure Software Systems

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: CES10 e CES-11. Horas semanais: 3-0-0-3. **Ementa:** Introdução a Software Seguro. Revisão de ataques clássicos: buffer overflow e vulnerabilidade em format string, ataques web, proteção em tempo real, rastreamento dinâmico de código, integridade do controle de fluxo (CFI), propriedades de fortalecimento do runtime, análise estática, análise de fluxo de dados, execução simbólica, análise de mancha no software, ataques em memória, checagem de modelo de software, fuzzing, separação de mecanismos em software, computação confiável, verificação assistida, sistemas fortemente tipificados. **Syllabus:** Introduction to secure software. Review of classic attacks: buffer overflow and format string vulnerability, web attacks, real-times protection, dynamic analysis and tracking, control flow integrity (CFI), runtime hardening properties, static analysis, data flow analysis, symbolic execution, software taint analysis, memory attacks, software model checking, fuzzing, software separation, trusted computing, assisted verification, strongly typed systems. **Bibliografia:** BRIAN CHESS. Secure Programming with Static Analysis. Mass Market, 2007; RICHARD SITES. Understanding Software Dynamics Addison Wesley Professional, 2017; MONNAPPA, K.A. Learning Malware Analysis. Packet, 2018.

CS-283/2025 – Segurança por projeto/Security-By-Design

Requisito recomendado: Fundamentos de Segurança da informação (equivale a CSC-07 ou CE-284). Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-3. **Ementa:** Fundamentos da segurança desde a conceção. Modelagem de sistemas com segurança. Processo de Gestão de Riscos. Estrutura de Gerenciamento de Riscos (RMF). Desenvolvimento orientado ao risco. Gestão de vulnerabilidades. Fases de Requisitos e Concepção no Ciclo de Vida do Desenvolvimento de Segurança (SDL). Modelagem de Ameaças. Normas e Métodos aplicáveis (NIST Cybersecurity Framework, STRIDE, Attack Tree). Arquitetura de confiança zero (ZTA). Safety e Security de sistemas ciber-físicos. **Syllabus:** Fundamentals of Security-by-Design. System Modeling with Security. Risk Management Process. Risk Management Framework (RMF). Risk-Driven Development. Vulnerability Management. Requirements and Design phases of Security Development lifecycle (SDL). Threat Modelling and Risk Assessment: Applicable Standards and Methods (NIST Cybersecurity Framework, STRIDE, Attack Tree). Zero-Trust Architecture (ZTA). Safety and Security of Cyber-Physical Systems. **Bibliografia:** Dan Bergh Johnsson, Daniel Deogun, and Daniel Sawano. Secure by Design. Manning Publications Co, 2019.; Adam Shostack. Threat Modeling: Designing for Security. Wiley, 2014.; Frank J. Furrer. Safety and Security of Cyber-Physical Systems. Springer Vieweg, 2022.

CT-208/2025 - Matemática da Computação

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. **Ementa:** 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-209/2025 - Matemática Discreta Voltada à Criptografia/ Discrete Mathematics Aimed at Cryptography

Requisito recomendado: CT-208 e CT-234. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-3. **Ementa:** Matemática Discreta com ênfase em criptografia. Revisão dos principais métodos de demonstração, a saber por construção, pela contrapositiva, por redução ao absurdo e por indução finita. Aritmética de Peano. Conjuntos Enumeráveis e não-enumeráveis. Funções compostas, grupos, subgrupos, simetrias e teorema mágico. Algoritmos fundamentais e eficientes para computar a divisão por inteiro, o máximo divisor comum (mdc), o mínimo múltiplo comum (mmc) e a fatoração única. O algoritmo de Euclides estendido, combinatória e princípio das casas dos pombos (ou princípio das gavetas). Teoria dos números, números primos, aritmética modular, indução de Fermat, pseudoprimos, teorema do resto chinês, sistemas de congruência de primeira e segunda ordens e a resolução de algumas equações diofantinas. Sistema de distribuição de senhas seguras pela Internet para realização de reuniões on-line. Criptografias RSA (1978) e de Rabin (1979). Breves introduções aos reticulados, anéis, corpos, ideais e à criptografia quântica. **Syllabus:** Discrete Mathematics with an emphasis on cryptography. Review of the main methods of proof, namely: by construction, by contrapositive, by reduction to absurdity and by finite induction. Peano arithmetic. Enumerable and non-enumerable sets. Composite functions, groups, subgroups, symmetries and magic theorem. Fundamental and efficient algorithms for computing integer division, greatest common divisor (gcd), least common multiple (lcm) and unique factorization. The extended Euclid algorithm, combinatorics and the pigeonhole principle (or Dirichlet's box principle or Dirichlet's drawer principle). Number theory, prime numbers, modular arithmetic, Fermat induction, pseudoprimes, Chinese remainder theorem, first and second orders congruence systems and the resolution of some Diophantine equations. Secure password distribution system over the Internet for holding online meetings. RSA (1978) and Rabin (1979) encryptions. Brief introductions to lattices, rings, bodies, ideals and quantum cryptography. **Bibliografia:** Edward R. Scheinerman, Mathematics: a Discrete Introduction. Terceira Edição Norte Americana, CENGAGE Learning, 2016; S. C. Coutinho, Números Inteiros e Criptografia RSA, Segunda Edição, Instituto de Matemática Pura e Aplicada (IMPA), Rio de Janeiro/RJ, 2003; J. P. de Oliveira Santos, Introdução à Teoria dos Números, Segunda Edição, Instituto de Matemática Pura e Aplicada (IMPA), Rio de Janeiro/RJ, CNPq, 2000; T. A. Andreescu, D. Andrica, I. Cucurezeanu, An Introduction to Diophantine Equations – A Problem-Based Approach, Springer: Birkhäuser, New York, NY, USA, 2010.

CT-213/2025 - 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. **Ementa:** 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. **Syllabus:** 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:** 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.

CT-221/2025 - Redes Neurais com Aprendizagens Clássica e Profunda

Requisito recomendado: CT-216. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. **Ementa:** 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-234/2025 - Estruturas de Dados, Análise de Algoritmos e Complexidade Estrutural

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. **Ementa:** 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-236/2025 - Redes Sociais Complexas

Requisito recomendado: CT-234 ou equivalente. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 1-0-2-6. **Ementa:** 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-246/2025 – 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-301/2025 - Seminário de Tese I

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 1-0-0-1. **Ementa:** Habituar 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-302/2025 - Seminário de Tese II

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 1-0-0-1. **Ementa:** Habituar 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.

EA-127/2025 – Microcontroladores e Sistemas Embarcados

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: EEA-25 ou equivalente. Horas semanais: 2-0-2-4. **Ementa:** Conceituação de Sistema Embocado. 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

MICROCONTROLER, 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-251/2025 - 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.

Ementa: 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 (Intellectual Property) de mitigação de evento único (SEM, Single Event Mitigation), 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 (Intellectual 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:** ROTH JR, C. H, KINNEY, L.L., JOHN,E.B. Fundamentals of Logic design, Enhanced Edition, 7th Ed.,ISBN 1337620351, CENGAGE, Boston, USA., 2019. TARAATE, V. Logic Synthesis and SoC Prototyping: RTL Design using VHDL. ISBN 978-981-15-1313-8, Springer Nature, Singapore, 2020. BATTEZATI, N., STERPONE, L., VIOLANTE, M. Reconfigurable Field Programmable Gate Arrays for Mission-Critical Applications, ISBN 978-1441975942. Springer Science +Business Media, New York, 2011.

EA-253/2025 - Projeto em Eletrônica Aplicada

Requisitos recomendados: EA-500. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 1-0-4-6.

Ementa: 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 sistemas computacionais de CAD e CAM voltados a projetos eletrônicos.

EA-254/2025 - Microcontroladores e Sistemas Embarcados

Requisito recomendado: EA-127 ou conhecimento equivalente. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-1-3. **Ementa:** 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-265/2025 – 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. **Ementa:** 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 inverter, 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:** SAINT, C.; SAINT, J. IC Layout Basics: A Practical Guide, McGraw-Hill Education, 2001; WESTE, N. H. E. Principles of CMOS VLSI Design: a systems perspective, New York: John Wiley & Sons, Inc., 1992.; SAINT, C.; SAINT, J. IC Mask Design: Essential Layout Techniques, McGraw-Hill Education, 2002.

EA-268/2025 - Processadores de Sinais Digitais

Requisito recomendado: EA-127 ou equivalente. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. **Ementa:** 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-269/2025 – Dispositivos Lógicos Programáveis para Processamento Intensivo

Requisito recomendado: EET-01 e EET-41. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-1-6. **Ementa:** 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 logiciais. 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-277/2025 - 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 approach, Chapman & Hall, 1997; BHASKER, J., A VHDL Primer, Prentice Hall 1995.

EA-281/2025 - Otimização de Sistemas Digitais

Requisito recomendado: EEA-21 ou conhecimento equivalente. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. **Ementa:** 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 for reconfigurable systems, Kluwer Academic Publishers 2003.

EA-282/2025 - Projeto de Circuitos Assíncronos

Requisito recomendado: EEA-21 ou conhecimento equivalente. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. **Ementa:** 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-284/2025 - Sistemas VLSI

Requisito recomendado: EEA-45, EEA-21, ou equivalente. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-1-4. **Ementa:** 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-288/2025 - Introdução à Tecnologia ASIC e Metodologia de Projeto/ Introduction to ASIC Technology and Design Methodology

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-8. **Ementa:** 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. **Syllabus:** Design of integrated circuits in nano-scale CMOS technologies. Overview of CMOS transistor operation and modeling. Digital circuits design, timing and synchronization, I/O drivers, and other related topics. In-depth analysis of several multipurpose analog amplifier circuits. DC and low frequency analysis, frequency response, and high frequency circuit analysis, feedback, and stability analysis. **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-289/2025 - Tecnologia ASIC e Metodologia de Projeto/ Advanced ASIC Technology and Design Methodology

Requisito recomendado: EEA-52 ou EA-284 ou equivalente. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-8. **Ementa:** 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. **Syllabus:** Interconnects modeling and design. Introduction to oscillator design, phase-locked-loops (PLL) and delay-locked-loops for on-chip clock generation, timing, and synchronization. Introduction to design and fabrication of full-custom VLSI circuits in sub-micron CMOS technology, design methodology, chip design techniques and chip layout. **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-291/2025 - Pilotos Automáticos para VANTS

Requisito recomendado: EE-204 ou conhecimento equivalente. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-4. **Ementa:** 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-292/2025 – Elementos de Sistemas de Navegação

Requisito recomendado: EE-204, ou conhecimento equivalente. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-4. **Ementa:** 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 ultrasom, 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, Jonh Wiley & Sons, 2007. BROWN, R.G., Introduction to random signals and applied Kalman filtering : with MATLAB exercises and solutions, John Wiley & Sons, 1997.

EA-293/2025 - 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. **Ementa:** 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. Díodo 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:** RAZAVI, B. RF Microelectronic, Pearson Education, Inc., 2012. GRAY, P. R.; HURST, P. J.; LEWIS, S. H.; MEYER, R. G. Analysis and Design of Analog Integrated Circuits, John Wiley & Sons, Inc., 2002. FRANCO, S. Analog Circuit Design: discrete and integrated, McGraw-Hill Education, 2015.

EA-295/2025 - Projeto de chip ASIC/ ASIC Design

Requisito recomendado: EA-288, EA-289. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 4-0-4-8. **Ementa:** Apresentação de ferramentas profissionais de CAD para design, simulação, layout e verificação de chips VLSI (Very Large Scale Integration). Projeto de um chip 'real' e funcional, a partir da ideia e modelagem comportamental, até o projeto detalhado do circuito no nível do transistor, layout do circuito e verificações finais. Execução do fluxo de projeto completo do tipo full-custom durante um semestre (Determinação das especificações de funcionalidade, área, potência, níveis de tensão/corrente e modo de operação, preparação do esquemático, definição dos parâmetros de teste e criação do testbench, simulação do caso típico, simulações de corner (SS,SF,FS,FF) e Monte Carlo (Variações de processo), construção do layout, DRC (Design Rules Check), LVS (Layout vs Schematic), extração de parasitas, simulação pós-layout). Apresentação de exemplo de projeto como demonstração de um fluxo completo de design VLSI personalizado, introdução das principais ferramentas de CAD a serem usadas em todos os projetos de design (i.e. Cadence Virtuoso, Spectre, Assura). Introdução à metodologia de projeto VLSI, descrição do projeto, técnicas avançadas de circuito e otimização de layout, circuitos de interface de interconexão, fornecimento de energia no chip, distribuição de clock, técnicas de sincronização, drivers IO (Input/Output) e pads, considerações de testabilidade e confiabilidade. Procedimento de tape-out e geração de arquivo no formato GDS para fabricação. Projeto, simulação e layout pronto para fabricação de blocos funcionais VLSI em um chip. **Syllabus:** Introduction of professional CAD tools for design, simulation, layout, and verification of VLSI (Very Large Scale Integration) chips. Design of a 'real' and functional chip, starting from the idea and behavioral modeling to detailed circuit design at transistor level, circuit layout, and final verifications. Execution of the complete full-custom design flow during the semester (Definition of specifications regarding functionality, area, power, voltage/current levels and operation mode, preparation of circuit schematics, typical case simulation, corner (SS,SF,FS,FF) and Monte Carlo (process variations) simulations, layout construction, DRC (Design Rules Check), LVS (Layout vs Schematic), parasitic extraction and post-layout simulation). Presentation of a small project-example intending to demonstrate a full custom VLSI design flow as well as introducing major CAD tools to be used throughout the design projects (i.e. Cadence Virtuoso, Spectre, Assura). Introduction to VLSI design

methodology, project description, advanced circuit and layout optimization techniques, interconnect interface circuits, on-chip power delivery, clock distribution, synchronization techniques, IO (input/output) drivers, and pads, testability and reliability considerations. Tape-out procedure and generation of a gds format file for fabrication. Design, simulation, and fabrication-ready layout of VLSI functional blocks on a chip. **Bibliografia:** BAKER, Jakob. CMOS Circuit Design, Layout, and Simulation, 3rdEdition-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-296/2025 - Avaliação de um Circuito Integrado/ Evaluation of an Integrated Circuit

Requisito recomendado: EA-284 Requisito exigido: EA-295 Horas semanais: 4-0-4-8.

Ementa: Métodos de caracterização e avaliação de um circuito integrado. Definição dos resultados esperados a partir dos resultados de simulação. Definição dos procedimentos de caracterização baseado nas definições das especificações do circuito (sinais de tensão/corrente, modo de operação e consumo de potência). Modo de utilização dos equipamentos de segurança e aterrramento a serem usados em laboratório durante a caracterização do circuito para evitar a queima do CI por descarga eletrostática (ESD). Configuração dos equipamentos de medição, por exemplo fontes de tensão/corrente, SMUs (Source and Measurement Units), osciloscópio, gerador de sinais, analisador de forma de onda. Execução da caracterização e validação do circuito integrado em laboratório, realizando diferentes tipos de medição (análises DC e AC de sinais analógicos, medições de potência, análise de formas de onda de sinais digitais). Comparação com os resultados obtidos nas etapas de simulação de caso típico, corners (SS, SF, FS, FF), Monte Carlo e simulação Pós-Layout. Geração de micrografia do circuito fabricado utilizando microscópio em laboratório. Preparação de um relatório final no formato de um artigo científico, apresentando metodologia e resultados obtidos durante a caracterização.

Syllabus: Characterization and evaluation methods of an Integrated Circuit. Definition of expected results based on simulation results. Definition of characterization procedures based on the specifications defined for the circuit (voltage/current signals, operation mode, power consumption). Utilization mode of safety equipment to prevent damage to the IC through electrostatic discharge (ESD). Configuration of measurement equipment e.g. Voltage/Current sources, SMUs (Source and Measurement Units), oscilloscope, signal generator, waveform analyzer. IC Characterization and Validation procedure in the lab, performing different types of measurements (DC and AC analysis of analog signals, power measurements and waveform analysis of digital signals). Comparison with the previously obtained simulation results of the Typical case, corners (SS, SF, FS, FF), Monte Carlo and Post-Layout simulation. Preparation of a final report in a scientific paper format presenting methodology and results obtained during characterization. **Bibliografia:** WANG, Laung-Terng, WU, Cheng-Wen, WEN, Xiaoqing. VLSI Test Principles and Architectures: Design for Testability. Morgan Kaufmann Series in Systems on Silicon, 2006; BAKER, Jakob. CMOS Circuit Design, Layout, and Simulation, 3rdEdition-Wiley-IEEE Press. 2010.; SMITH, Sedra. Microelectronic Circuits. 5th Edition..

EA-297/2025 - Imagens Médicas I/medical Imaging I

Requisito recomendado: Algebra Linear. Requisito exigido: Não há. Horas semanais:

3-0-0-3. **Ementa:** 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, resgate, reconhecimento, rastreamento de objetos, e quantificação, DICOM e PACS. **Syllabus:** Digital imaging systems. X-Ray imaging. Ultrasound imaging. X-Ray Computed Tomography (CT). Positron Emission Tomography and Single Photon Emission Computed Tomography (PET/SPECT). Magnetic Resonance Imaging (MRI/ NMRI). Other medical imaging modalities. Introduction to medical image processing: filters, border detection, contrast, histogram, enhancement in time and frequency domain, restoration of images. Computational methods for image processing: segmentation, registration, object recognition, tracking and quantification. 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. RANGARAJAN, Rangaraj M. Biomedical Image Analysis. Boca Raton, FL: Crc Press, 2004. (The Biomedical Engineering Series).

EA-298/2025 - 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. **Ementa:** 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 (confecção 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-306/2025 - Seminários em Dispositivos e Sistemas para Segurança Cibernética

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 1-0-0-2. **Ementa:** Tópicos relevantes em dispositivos e sistemas para segurança cibernética, expostos por especialistas e alunos de pós-graduação que atuam nesta área. **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. and YI, Y. FPGA-based Implementation of Signal Processing Systems. John Wiley & Sons, 2nd. Ed., 2017.

EA-308/2025 - Seminários em Sistemas Embarcados em Dispositivos Eletrônicos Reconfiguráveis

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 1-0-0-2.

Ementa: Tópicos relevantes em sistemas embarcados em dispositivos eletrônicos reconfiguráveis, expostos por especialistas e alunos de pós-graduação que atuam nesta área.

Bibliografia: 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 Vaibbhav Taraate. 2017.

EA-352/2025 - Seminários em Engenharia Biomédica / Biomedical Engineering Seminars

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 1-0-0-1.

Ementa: Seminários de sistemática de pesquisa e temas de fronteira do conhecimento em engenharia biomédica. Apresentado por pesquisadores externos e internos à instituição, especialistas na área, ou alunos com trabalhos de pós-graduação em andamento. **Syllabus:**

Seminars about research systematic and state-of-art biomedical research. Seminars are presented by specialists in the area, as well as graduate students with ongoing research.

Bibliografia: A critério do professor.

EC-212/2025 - Teoria Eletromagnética

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

Ementa: 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 enginnering electromagnetics. New York: John Wiley & Sons, 1989. KONG, J. A. Theory of electromagnetic waves. New York: John Wiley & Sons, 1975.

EC-213/2025 – Engenharia de Micro-ondas

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 4-0-0-6.

Ementa: Elementos de teoria eletromagnética. Linhas de transmissão e guias de onda. Teoria circuital 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-214/2025 – Análise e Medidas de Dispositivos em RF e Micro-ondas

Requisito recomendado: EC-212, EC-213 Requisito exigido: EC-277 ou ET-283. Horas

semanais: 3-0-0-6. **Ementa:** 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. 2th ed., John Wiley, October 22, 2012. DAVID M. P., Microwave Engineering. 4th ed, John Wiley, 2011. LAVERGHETTA, T.S., Modern microwave measurements and techniques. Dedham: Artech House, 1988.

EC-220/2025 - Fibras Ópticas: Teoria e Aplicações

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-2.

Ementa: 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-225/2025 - Circuitos Integrados Ópticos

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

Ementa: 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 freqüência. 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-240/2025 – Comunicações Ópticas

Requisito recomendados: EC-212 ou equivalente. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6.

Ementa: 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-260/2025 – Teoria de Antenas

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

Ementa: 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-262/2025 – Antenas de Microlinha

Requisito recomendado: EC-260. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6.

Ementa: 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-266/2025 - Dispositivos a Semicondutores em Micro-ondas e Optoeletrônica

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

Ementa: Junção pn, heterojunção semicondutor/semeticondutor e heterojunção e heterojunção metal/semeticondutor; 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 (Eletroabsorption 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. Practical Microwave Devices, Academic Press, San Diego, 1990. Rezende, S. M., Materiais e Dispositivos Eletrônicos, Editora Livraria da Física, São Paulo, 2004, 2^a. Edição.

EC-277/2025– Circuitos Passivos em Microlinha

Requisito recomendado: EC-212. Requisito exigido: EC-213 ou consentimento do professor. Horas semanais: 3-0-0-6.

Ementa: 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-290/2025 - Métodos Matemáticos do Eletromagnetismo/Mathematical Methods in Electromagnetism

Requisito recomendado: EC-212. Requisito exigido: Consentimento do professor. Horas semanais: 3-0-0-6.

Ementa: 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. **Syllabus:** Vector analysis. Complex variables, Differential equations, separation of variables in rectangular, cylindrical, and spherical coordinates. Orthogonal functions, series expansions. Integral

equations and Green's functions. Transmission line equation. Invariants and symmetries of Maxwell's equations. **Bibliografia:** DUDLEY, D. G. Mathematical Foundations for Electromagnetic Theory, Piscataway: Wiley-IEEE, 1994. ITOH, T. Numerical Techniques for Microwave and Millimeter-Wave Passive Structures. New York: Wiley, 1989. BALANIS, C. A., Advanced Engineering Electromagnetics. 3rd ed. Hoboken: Wiley, 2024.

EE-191/2025 – 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. **Ementa:** 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, mantinabilidade, 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:** Blanchard, B.S. & Fabrycky, W.J. Systems engineering and analysis, 5 ed., Pearson, 2013. 2 Kossiakoff, A. et al. Systems engineering principles and practice, ed., Wiley-Interscience, 2011. ISO/IEC/IEEE, Systems and software engineering - Life cycle management - Part 4: Systems engineering planning, International Standard ISO/IEC/IEEE 24748-4, 2016.

EE-208/2025 – 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. **Ementa:** 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. **Syllabus:** 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-209/2025 – 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. **Ementa:** 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. **Syllabus:** 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 Blucher, 1981; KHALIL, H. K., Nonlinear systems. 3. ed. Upper Saddle River: Prentice Hall, 2002.

EE-210/2025 - 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. **Ementa:** 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, estimativa pontual, identificação paramétrica de sistemas, princípios da separação e equivalência à certeza. **Syllabus:** 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-214/2025 - 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. **Ementa:** 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. **Syllabus:** 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, 3rd edition, Rio de Janeiro, Elsevier, 2013. SHAW, I.; SIMÕES, M. G., Controle e modelagem fuzzy. 2^a edição. São Paulo: Edgard Blücher, 2007.

EE-231/2025 - Métodos Numéricos em Controle / Numerical Methods in Control

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: EE-208 ou equivalente. Horas semanais: 3-0-0-6. **Ementa:** 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. **Syllabus:** 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, 2nd ed, Springer, 2006. BOYD, S. & VANDENBERGHE, L. Convex Optimization. Cambridge University Press, 2004.

EE-240/2025 – 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. **Ementa:** 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. **Syllabus:** 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 adaptative control. Case study. Computational implement 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-253/2025 - 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. **Ementa:** 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. **Syllabus:** 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.; SYRMON, V. L., Optimal control, 3^a edição, Wiley, 2012. FLETCHER, R. Practical methods of optimization. 2^a edição, Wiley, 2000.

EE-254/2025 – Controle Preditivo / Predictive Control

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: EES-10 e EES-20 ou equivalentes. Horas semanais: 3-0-0-6. **Ementa:** 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. **Syllabus:** 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:** 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-265/2025 - 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. **Ementa:** 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. **Syllabus:** 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:** Astolfi, A.; Karagiannis, D.; Ortega, R. Nonlinear and Adaptive Control with Applications. Springer, 2008. Krstic, M.; Kanellakopoulos, I.; Kokotovic, P. Nonlinear and Adaptive Control Design. John Wiley and Sons, 1995. Kuznetsov, Y. Elements of Applied Bifurcation Theory. Springer, 2004.

EE-266/2025 - 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. **Ementa:** 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. **Syllabus:** 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:** Davis, M.H.A.; Vinter, R.B. Stochastic Modelling and Control. Chapman and Hall, 1985. Ljung, L. System Identification: Theory for the User. Prentice-Hall, 1987. Bar-Shalom, Y.; Li, X.-R.; Kirubarajan, T. Estimation with Applications to Tracking and Navigation. John Wiley & Sons, 2001.

EE-268/2025 - Sistemas Amostrados através de DLMIs/ Sampled-data Systems through DLMIs

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Consentimento do professor. Horas semanais: 3-0-0-6. **Ementa:** Introdução a estabilidade de sistemas lineares e invariantes no tempo (LIT) segundo Lyapunov. Introdução ao problema de otimização de normas H-2 e H-infinito escritos através de desigualdades matriciais lineares (LMI). Equação algébrica de Lyapunov e Riccati. Introdução aos sistemas amostrados segundo a abordagem híbrida. Equação diferencial de Lyapunov e Riccati. Aspectos numéricos da solução de desigualdades matriciais lineares diferenciais (DLMIs). Projetos de sistemas amostrados baseado em problemas de otimização de normas H-2 e H-infinito escritos através de DLMIs: controle e filtragem. Introdução aos sistemas incertos. Introdução ao projeto com limitações de performance. Controle preditivo de sistemas amostrados segundo a abordagem híbrida. Introdução ao projeto de sistemas amostrados não lineares: formulação geral. **Syllabus:** Introduction to the LTI systems stability based on Lyapunov theory. Introduction to the H-2 and H-infinity optimization problems based on LMI. Algebraic Lyapunov and Riccati equations. Introduction to sampled-data systems based on the hybrid systems approach. Differential Lyapunov and Riccati equations. Numerical issues on the solution of differential LMIs. Sampled-data systems design based on H-2 and H-infinity norm optimization problems written in the form of DLMIs: control and filtering. Introduction to uncertain systems. Introduction to the design with performance limitations. Predictive control of sampled-data systems through the hybrid approach. Introduction to non-linear sampled-data systems: general formulation. **Bibliografia:** GEROMEL, J. C. Differential Linear Matrix Inequalities: In sampled-data systems filtering and control. SPRINGER, 2023. ISBN 978-3-031-29753-3. CHEN, T.; FRANCIS, B. Optimal Sampled-Data Control Systems. SPRINGER-VERLAG, 1996. ISBN 3-540-19949-7. CHEN, C.-T. Linear System Theory and Design. 3 ed. OXFORD UNIVERSITY PRESS, 1999. ISBN 0-19-511777-8.

EE-271/2025 - Sistemas Multivariáveis Lineares / Linear Multivariable Systems

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: EE-208 ou equivalente. Horas semanais: 3-0-0-6. **Ementa:** 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 H2 e H ∞ . Desigualdades matriciais lineares (LMIs) e seu uso em controle. **Syllabus:** 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_∞ norms. Linear matrix inequalities (LMIs) and their use in control. **Bibliografia:** SKOGESTAD, S.; POSTLETHWAITE, I. Multivariable Feedback Control: Analysis and Design. 2a edição, Chichester: Wiley, 2005. KAILATH, T. Linear Systems. Englewood Cliffs: Prentice Hall, 1980. ALBERTOS, P. Multivariable Control Systems: An Engineering Approach. 1a edição, Springer, 2004.

EE-273/2025 – Controladores Lineares Robustos / Linear Robust Controllers

Requisito recomendado: EE-271 ou equivalente. Requisito exigido: EE-208 ou equivalente. Horas semanais: 3-0-0-6. **Ementa:** 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_∞ . 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_∞ 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-301/2025- Seminário de Tese / Thesis Seminar

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 1-0-0-1. **Ementa:** 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. **Syllabus:** 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, 2^a 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.

EM-211/2025 - Fundamentos e Aplicações do Laser para Engenheiros/ Laser Fundamentals and applications for engineers

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: consentimento do professor. Horas semanais: 3-0-0-6. **Ementa:** Introdução à óptica não linear. Feixes laser: propriedades e transformações. Osciladores laser. Cavidades ressonantes laser. Transições ópticas em átomos, íons, gases moleculares e semicondutores. Técnicas de bombeamento. Lasers sintonizáveis. Operação com chaveamento Q. Operação com acoplamento de modos. Amplificadores ópticos e lasers de alta potência. Dano induzido por laser. Aplicações selecionadas da luz laser. **Syllabus:** Introduction to nonlinear optics. Laser beams, types, properties and transformations. Laser oscillators. Laser resonant cavities. Optical transitions in atoms, ions, molecular gases and semiconductors. Pumping techniques. Tunable lasers. Q-switched operation. Mode-locked operation. Optical amplifiers and high-

power lasers. Laser-induced damage. Selected applications of laser light. **Bibliografia:** SVELTO, O. Principles of Lasers, 5 ed. SPRINGER, 2009. ISBN 978-1-4419-1301-2; KOECHNER, W. Solid State Laser Engineering, 6 ed. SPRINGER, 2006. ISBN 0-387-29094-X.; HECHT, E., Optics, 5 ed. Pearson, 2017. ISBN 978-0133977226.

ET-231/2025 - Teoria da Informação / Information Theory

Requisito recomendado: ET-236. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. **Ementa:** 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. **Syllabus:** Information measures. Discrete source coding. Discrete memoryless channel and its capacity. Noisy channel coding theorem. Discrete-time memoryless channel. Waveform channel. Introduction to rate distortion theory. Introduction to network information theory. **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-236/2025 - Processos Estocásticos / Stochastic Processes

Requisitos recomendados: ELE-33, ELE-34. Requisito exigido: ET-286. Horas semanais: 4-0-0-8. **Ementa:** 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 invariantes no tempo 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. **Syllabus:** Review of probability and random variables. Definition and statistical characterization of continuous-time and discrete-time stochastic processes; strict-sense and wide-sense stationarity. Examples of continuous-time and discrete-time stochastic processes: Gaussian processes, Poisson process, continuous-time Wiener process, white noise, Bernoulli process, discrete-time Wiener process, discrete-time Markov processes with continuous and discrete states. State estimation in discrete-valued, discrete-time Markov chains. Continuity, differentiability and integrability of stochastic processes in the mean-square sense. Discrete-time and continuous-time linear time-invariant systems with stochastic inputs. Spectral characterization and modeling of discrete-time and continuous-time stationary processes. Discrete-time and continuous-time Wiener filters; Wiener filters for prediction and smoothing, identification of autoregressive models; Ergodic processes and ergodicity theorems. Discrete-time Kalman filtering. **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-237/2025 - Processamento de Sinais Aleatórios / Statistical Signal Processing

Requisito recomendado: ET-236 ou equivalente. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 4-0-0-6. **Ementa:** Estimação bayesiana: conceitos gerais, estimadores MAP e MMSE. Estimadores bayesianos seqüenciais: 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-then-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-272/2025 – Comunicações Aeronáuticas / Aeronautical Communications

Requisito recomendado: ET-290 Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. **Ementa:** 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: Stacey D., Aeronautical Radio Communication Systems and Networks, John Wiley & Sons Ltd, 2008.; Binns C., Aircraft Systems: Instruments, Communications, Navigation, and Control, John Wiley & Sons, 2019; Haykin, S., Communication systems, 4th. ed., New York: John Wiley & Sons, 2001; Kayton. M.; Fried, W.R. Avionics Navigation Systems, 2nd ed., New York: John Wiley & Sons, 1997.; 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.; ICAO (International Civil Aviation Organization). Doc 9613: Performance-based Navigation (PBN) Manual. 3 Ed. ICAO: Montreal, Canada, 2008. (ISBN 978-92-9249-200-7.); 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-283/2025 – Processamento de Sinais Cerebrais / Brain Signal Processing

Requisito recomendado: ET-290, ET-286. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-1-4.

Ementa: Reconhecimento de padrões em sinais cerebrais. Interfaces Cérebro-Computador (BCI): P300, potencial evocado visualmente em regime estacionário (SSVEP) e imagética motora (IM). Métodos de aquisição invasivos e não invasivos do sinal cerebral. Técnicas de filtragem. Extração de características. Seleção de características. Classificadores lineares e não lineares. Desenvolvimento de uma BCI ao longo da disciplina. **Syllabus:** Pattern recognition in brain signals. Brain-Computer Interfaces (BCI): P300, Steady-State Visually Evoked Potential (SSVEP), and Motor Imagery (MI). Invasive and non-invasive methods for brain signal acquisition. Filtering. Feature extraction. Feature selection. Linear and non-linear classifiers. Development of a BCI throughout the course.

Bibliografia: WOLPAW, Jonathan R.; WOLPAW, E. Winter. Brain-computer interfaces: principles and practice, v. 14, 2012. RAO, Rajesh PN. Brain-computer interfacing: an introduction. Cambridge University Press, 2013. SANEI, Saeid; CHAMBERS, Jonathon A.

EEG signal processing and machine learning. John Wiley & Sons, 2021. BISHOP, Christopher M. Pattern recognition and machine learning, 2006, v. 60, n. 1, p. 78-78, 2012.

ET-284/2025 - Processamento de Sinais de Radar / Radar Signal Processing

Requisito recomendado: ET-286. Requisito exigido: ET-236 ou equivalente. Horas semanais: 3-0-0-6. **Ementa:** Equação do radar e predições 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, Estimação 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:** SKOLNIK, M.I., Introduction to radar systems, 3. ed., New York: McGraw-Hill, 2008. 784p.; DI FRANCO, J.V. & RUBIN, W.L., Radar detection, London: Artech House, 1982. 654 p.; MASSEM R. MAHAFZA, Radar Systems, Analysis and Design using Matlab, 3. ed., New York: Chapman and Hall/CRC, 2013. 772 p.

ET-286/2025 - Processamento Digital de Sinais/ Digital Signal Processing

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 4-0-0-6. **Ementa:** Sinais e sistemas discretos no tempo; sistemas lineares invariantes no tempo e resposta ao impulso. Transformada de Fourier de tempo discreto (TFTD) e sua relação com a Transformada de Fourier de sinais amostrados de tempo contínuo; subamostragem, sobreamostragem e interpolação. Sistemas lineares invariantes no tempo com excitação aleatória. Séries discretas de Fourier e Transformada discreta de Fourier (TFD). Transformada rápida de Fourier (FFT); algoritmos FFT por decimização no tempo e em frequência, mapeamento de índices. Filtros digitais de resposta ao impulso finita (FIR) e infinita (IIR): estruturas canônicas, estruturas modulares e representação em espaço de estados. Filtros em treliça e o algoritmo de Levinson; predição linear e o algoritmo Recursive Least Squares (RLS). Filtros de Wiener FIR e IIR. Teoria da aproximação, transformação bilinear e técnicas de projeto de filtros IIR. **Syllabus:** Discrete-time signals and systems; linear time-invariant systems and impulse response. Discrete-time Fourier Transform (DTFT) and its relation to the Fourier Transform of sampled continuous-time signals; downsampling, upsampling and interpolation. Bilateral and unilateral Z-transforms; application of unilateral Z-transforms to finite difference equations. Linear time-invariant systems with stochastic inputs. Discrete Fourier series and Discrete Fourier Transform (DFT). Fast Fourier Transform (FFT), FFT algorithms using decimation in time and decimation in frequency, index mapping. Finite impulse response (FIR) and infinite impulse response (IIR) filters; canonical structures, modular structures and state-space representation. Lattice filters and the Levinson algorithm; linear prediction and the Recursive Least Squares (RLS) algorithm. FIR and IIR Wiener filters. Approximation theory, bilinear transformation and IIR digital filter design techniques. **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-287/2025 - Processamento de Sinais usando Redes Neurais / Signal Processing using Neural Networks

Requisito recomendado: ET-290, ET-286. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 2-0-2-4. **Ementa:** Este curso emprega as técnicas clássicas de processamento de sinais com as ferramentas de redes neurais para propor soluções em problemas de classificação, predição, auxílio ao diagnóstico, detecção preventiva de falhas, reconhecimento de padrões, entre outros. Serão vistas técnicas de filtragem espacial, filtragem temporal, banco de filtro, estimadores espectrais, modelos auto-regressivos, redes Multilayer Perceptron, Redes Convolucionais, Redes Recorrentes. Serão desenvolvidos projetos utilizando sinais de diversas naturezas: áudio, fala, texto, imagem, vídeo, biológicos, cardíacos, cerebrais, sísmicos, radares, etc. **Syllabus:** This course combines classical signal processing techniques with neural network tools to propose solutions for classification, prediction, diagnostic support, preventive fault detection, pattern recognition. Topics covered include spatial filtering, temporal filtering, filter banks, spectral estimators, autoregressive models, Multilayer Perceptron networks, Convolutional Networks, and Recurrent Networks. Projects will be developed using signals of various natures, such as audio, speech, text, images, video, biological signals, cardiac signals, brain signals, seismic signals, radar data, etc. **Bibliografia:** OPPENHEIM, Alan V. Discrete-time signal processing. Pearson Education India, 1999. ZAKNICH, Anthony. Neural networks for intelligent signal processing. World Scientific, 2003. HAYKIN, Simon. Neural Network: a comprehensive foundation. Pearson, 2004. LUO, Fa-Long; UNBEHAUEN, Rolf. Applied neural networks for signal processing. Cambridge university press, 1998.

ET-290/2025 – Comunicações Digitais / Digital Communication

Requisito recomendado: ET-236. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. **Ementa:** 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. **Syllabus:** Elements of a digital communication system. Geometric representation of signals. The passband and its equivalent baseband model, digital modulations in amplitude, phase, and frequency. Transmission over Gaussian channel: optimal receiver and its performance. Transmission over bandlimited channels: intersymbol interference, Nyquist criterion. Transmission over fading channel: characterization and equalizers. Introduction to synchronization. **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-291/2025 - Radar de Abertura Sintética (SAR) / Synthetic Aperture Radar (SAR)

Requisito recomendado: ET-236, ET-284 e ET-286. Requisito exigido: ET-236 ou consentimento do professor. Horas semanais: 3-0-0-6. **Ementa:** 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. **Syllabus:** Systemic structure of SAR (Synthetic Aperture Radar) and main imaging geometries. Pulse Compression. Modeling of raw data, techniques and processors for image synthesis. Systems with multiple reception channels. Detection of moving targets in SAR images. Interferometry and differential interferometry. Polarimetry: scattering matrix, polarimetric response and polarimetric parameters used for classification. Statistical modeling of texture and speckle. Speckle filtering. Segmentation and classification of SAR images. **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-292/2025 Clima Espacial e Telecomunicações / Communications and Space Weather

Requisito recomendado: Não há Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. **Ementa:** Sol 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 TEC 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. Medidas de TEC, mapas de TEC, estudos de gradientes. Cintilação ionosférica, medidas em receptores GNSS. Efeitos da cintilação no receptor, modelos de erro. Técnicas para redução dos efeitos da ionosfera nos receptores GNSS. **Syllabus:** Sun and solar emission phenomena. Earth's magnetosphere: structure, phenomenology and coupling with lower regions of the Earth's atmosphere. Ionosphere: structure, electrodynamics, introduction to plasma physics and particle motion, coupling with the neutral atmosphere and magnetosphere and phenomenology. Geophysical space missions, satellites, instrumentation and geospace parameter measurement techniques. Studies of TEC (Total Electronic Content) and ionospheric scintillation. Interactions of space weather with communication system and technologies with emphasis on satellite navigation and aeronautical applications. Effects of space weather on augmentation systems (GBAS and SBAS) for aircraft approach and landing. TEC measurements, TEC maps, TEC gradients. Ionospheric scintillation, measurements and observables on GNSS receptors. Effects of scintillation on the receiver, tracking error models. Techniques for reducing the effects of the ionosphere on GNSS receiver. **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.1.]: IEE Eletromagnetic Waves Series, v. 31, 1990.

ET-293/2025 Processamento de Sinais de Sistemas Globais de Navegação por Satélite (GNSS) / GNSS Signal Processing

Requisito recomendado: ET-290, ET-237, ET-286. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 4-0-0-6. **Ementa:** 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 multipercorso; 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. **Syllabus:** 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:** Misra, P. & Enge, P. (2006), Global Positioning System: Signals, Measurements, and Performance, Second Edition, Ganga-Jamuna Press.; Kaplan, E., Hegarty C. (2006), Understanding GPS: Principles and Applications, Second Edition, Artech House.; Harry L. Van Trees, Optimum Array Processing. Detection, Estimation and Modulation Theory, Part IV, Wiley Interscience, 2002.

ET-294/2025 - Comunicações sem fio I / Wireless Communications I

Requisito recomendado: ET-290 ou EET-50. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. **Ementa:** Introdução: conceitos de comunicações sem fio, principais sistemas de comunicações sem fio, métricas de desempenho em comunicações sem fio. Canal sem fio: propagação em larga escala, propagação em pequena escala, capacidade de canal e desempenho de modulações digitais. Diversidade em sistemas de comunicações sem fio: diversidade no tempo, diversidade na frequência, diversidade espacial e códigos espaço-temporais. Sistemas de comunicação sem fio: Técnicas de múltiplo acesso, conceito de espalhamento espectral e histórico dos sistemas celular do 1G até o 5G. **Syllabus:** Introduction: wireless communications concepts, principal wireless communications systems, performance metrics in wireless communications. Wireless channel: large-scale propagation, small-scale propagation, channel capacity and performance of digital modulations. Diversity in wireless communications systems: diversity in time, diversity in frequency, spatial diversity and space-times codes. Wireless communication systems: Multiple access techniques, spread spectrum concept and history of cellular systems from 1G to 5G. **Bibliografia:** A. Goldsmith, Wireless Communications, 2nd. Edition, Cambridge University Press, 2005. T. S. Rappaport, Wireless communications: Principles and Practice, 2nd. Edition, Prentice-Hall, Upper Saddle River, 2002. Asif, Saad Z. 5G Mobile Communications: Concepts and Technologies. Taylor & Francis, 2019.

ET-295/2025 - Comunicações sem fio II / Wireless Communications II

Requisito recomendado: ET-294 ou ET-290 Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. **Ementa:** Introdução: Histórico dos sistemas celular do 1G até o 4G. Introdução a 5G: Requisitos técnicos e status de implementação. Modos de operação da tecnologia 5G. Principais Key Performance Indicators (KPIs) e principais medidas sistêmicas de sistemas 5G. Introdução à Massive MIMO, Beamforming e transmissão em canais com ondas milimétricas. Técnicas de múltiplo acesso para sistemas 5G e além. Topologia de Core de rede 5G. Técnicas de múltiplo acesso não ortogonal (NOMA): no domínio da potência e no domínio de código. Modulação de Índice (IM) para sistemas 6G. Integração de IM e NOMA: múltiplo acesso por IM para sistemas 6G. Superfícies Refletoras Inteligentes (RIS). Técnicas de transmissão assistida por RIS. **Syllabus:** Introduction: History of cellular systems from 1G to 4G. Introduction to 5G: Technical requirements and implementation status. 5G technology operating modes. Main Key Performance Indicators

(KPIs) and main systemic measures of 5G systems. Introduction to Massive MIMO, Beamforming, and transmission in millimeter wave channels. Multiple access techniques for 5G systems and beyond. 5G Network Core Topology. Non-Orthogonal Multiple Access (NOMA) techniques: in the power domain and in the code domain. Index Modulation (IM) for 6G systems. Integration de IM and NOMA: IM multiple access (IMMA) for 6G systems. Smart Reflective Surfaces (RIS). RIS-assisted transmission techniques.

Bibliografia: Asif, Saad Z. 5G Mobile Communications: Concepts and Technologies. Taylor & Francis, 2019;Osseiran, Afif, et al., 5G Mobile and Wireless Communications Technology. Cambridge University Press, 2016;Trick, Ulrich. 5G: An Introduction to the 5th Generation Mobile Networks. Walter de Gruyter GmbH & Co KG, 2021;Y. Liu, Z. Qin, M. Elkashlan, Z. Ding, A. Nallanathan and L. Hanzo, "Nonorthogonal Multiple Access for 5G and Beyond," in Proceedings of the IEEE, vol. 105, no. 12, pp. 2347-2381, Dec. 2017, doi: 10.1109/JPROC.2017.2768666.;E. Basar, M. Wen, R. Mesleh, M. Di Renzo, Y. Xiao and H. Haas, "Index Modulation Techniques for Next-Generation Wireless Networks," in IEEE Access, vol. 5, pp. 16693-16746, 2017, doi: 10.1109/ACCESS.2017.2737528.;J. Li et al., "Index Modulation Multiple Access for 6G Communications: Principles, Applications, and Challenges," in IEEE Network, vol. 37, no. 1, pp. 52-60, January/February 2023, doi: 10.1109/MNET.002.2200433.;S. Basharat, S. A. Hassan, H. Pervaiz, A. Mahmood, Z. Ding and M. Gidlund, "Reconfigurable Intelligent Surfaces: Potentials, Applications, and Challenges for 6G Wireless Networks," in IEEE Wireless Communications, vol. 28, no. 6, pp. 184-191, December 2021, doi: 10.1109/MWC.011.2100016

ET-297/2025 - 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. **Ementa:** Arranjos de antenas e aberturas; Medidas de desempenho de arranjo; Algoritmos robustos para formação de feixes (beamforming); Estimação 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. **Syllabus:** 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:** H. L. Van Trees, Optimum Array Processing. Detection, Estimation and Modulation Theory, Part IV, Wiley Interscience, 2002.; S. M. Kay, Fundamentals of Statistical Signal Processing: Estimation Theory, vol. 1, Prentice Hall PTR, 1993.; Gilbert Strang. Linear Algebra and its Applications. Harcourt Publishers Ltd., 1988.

ET-300/2025 - Seminário em Telecomunicações / Telecommunications Seminar

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 1-0-0-2. **Ementa:** Tópicos relevantes em sistemas de telecomunicações, expostos por especialistas da área, ou trabalhos de tese em andamentos, expostos por alunos de pós-graduação. **Syllabus:** Relevant topics in telecommunications systems presented by experts in the field, or ongoing work of Ph.D. or Master's theses, presented by graduate students. **Bibliografia:** usar norma ABNT.

PO-203/2025 - Programação Inteira/ Integer Programming

Requisito recomendado: PO-201, PO-202 e CES-10. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-1-0-6. **Ementa:** 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. **Syllabus:** Modeling. Integer Optimization Structure: polyhedral theory, formulations and complexity, optimality, relaxations and bounds. Problems well resolved. Full unimodularity. Exact algorithms: implicit enumeration, branch-and-bound, branch-and-cut, Lagrangian relaxation, strong valid inequalities. Applications and heuristics. **Bibliografia:** Tópicos em otimização inteira/organizadores, Ana Flávia Uzeda Macambira, Ludi Simonetti, Rosiane de Freitas Rodrigues, Nelson Maculan. – Rio de Janeiro : Ed. UFRJ, 2022; WOLSEY, L. A. Integer Programming. 2^a ed. Wiley, 2020.; NEMHAUSER, G.; WOLSEY, L. Integer and Combinatorial Optimization. Wiley, 1988.

PO-213/2025 - Econometria Aplicada/ Applied Econometrics

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: PO-210 (ou MOQ-13) Probabilidade e Estatística. Horas semanais: 3-1-0-6. **Ementa:** 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, Estimação de Variáveis Instrumentais e mínimos quadrados de dois estágios, Modelos de Equações Simultâneas, Modelos com variáveis dependentes limitadas e correções da seleção amostral. **Syllabus:** 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:** 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-233/2025 – Aprendizado de Máquina/ Machine Learning

Requisito recomendado: CES-10 Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-4. **Ementa:** 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. **Syllabus:** 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.; ALMEIDA, T. A.; CARVALHO, A.C.P.L.F. (2021) Inteligência Artificial: uma abordagem de Aprendizado de Máquina. Editora LTC, 2a edição.; JAMES, G.; WITTEN, D.; HASTIE, T.; TIBSHIRANI, R., TAYLOR, J. (2023). An Introduction to Statistical Learning: with Applications in Python. New York: Springer.;VERRI, F. A. N. (2024). Data Science Project: An Inductive Learning Approach. Leanpub.

SC-249/2025 - Simulação de Drones e Aplicações/ Drone Simulation and Applications

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

Ementa: 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. **Syllabus:** Operational and regulatory aspects in the use of Drones; Classes of use; Drone classification based on size and applications; Standards and certifications; Multidisciplinary simulation of drones and applications; Hardware and system architectures; Mobility models for unmanned aerial vehicles; Wireless and mobile network communication models for drones; control and autopilot systems; Path planning; Perception based on virtual data from radar and camera; Airspace control models. **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 UniversityPress, 2012. ISBN: 978-0691149219.

SC-271/2025 - Engenharia de Sistemas Computacionais/ Computer Systems Engineering

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Consentimento do professor. Horas semanais: 3-0-0-6. **Ementa:** 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. Tópicos de Pesquisa em Sistemas Computacionais. **Syllabus:** Computer Systems Conceptualization and Introduction. Operating System Structures. Process Management. Interprocess Communication. Process Scheduling. Priority Queues. Memory Management. I/O Management. File Systems. Security and Protection Mechanisms. Computer Networks Primer: hardware and software. Protocols foundations: TPC/IP stack. Layers: Application, Transport, Network, and Link. Security aspects. Research Topics and Computer Systems. **Bibliografia:** TANENBAUM, A. S; BOSS, H. Modern Operating Systems. Pearson, 4th Edition, 2016. SILBERSCHATZ, A., GALVIN, P.B., GAGNE, G. Operating Systems Foundations. 9th Edition, 2016. KUROSE, J.F., ROSS, K.W. Computer Networking, Pearson, 7th Edition, 2017.

TE-206/2025 – Projetos de Plataformas Suborbitais / Suborbital Platforms Design

Requisito recomendado: TE-265. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. **Ementa:** Sistemas espaciais: o mercado espacial com enfase 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:** Wertz, J. R., Everett, D. F., & Puschell, J. J. (2011). Space mission engineering: the new SMAD. Microcosm Press. Pisacane, V. L. (Ed.). (2005). Fundamentals of space systems. Johns Hopkins University/Appli. Fortescue, P., Swinerd, G., & Stark, J. (Eds.). (2011). Spacecraft systems engineering. John Wiley & Sons.

5. ENGENHARIA DE INFRAESTRUTURA AERONÁUTICA (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.

5.1 Áreas de Concentração e Linhas de Pesquisa

As atividades de ensino e pesquisa do PG-EIA encontram-se agrupadas nas áreas de concentração e linhas de pesquisa listadas a seguir.

Infraestrutura Aeroportuária (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:

- **Obras Viárias e Aeroportuárias**

Propriedades características e funcionais dos materiais empregados em obras viárias. Especificação. Análises de comportamento e métodos para projeto, avaliação, diagnóstico e manutenção de elementos componentes destas obras. Desenvolvimento de novos materiais e soluções. Aperfeiçoamento da base tecnológica de sistemas de gerência de pavimentos. Simulação do comportamento de obras geotécnicas e de estruturas para análise de: estabilidade, tensões e deformações, interação solo-estrutura e otimização. Modelos reológicos e retroanálise de leituras de instrumentação de campo e de laboratório.

- **Tecnologia Ambiental**

Propriedades características e funcionais dos materiais empregados em obras de proteção ao meio ambiente. Especificação. Análises de comportamento e métodos para projetos, avaliação, diagnóstico e manutenção de elementos componentes em aplicações de proteção ambiental e simulação de sistemas de proteção em impacto ambiental. Infraestrutura, meio ambiente e sustentabilidade: análise econômico-ecológica, modelagem dinâmica espacial, modelagem e adaptação climática, análise de transporte de sedimentos e de poluentes, recursos hídricos (modelagem, exploração, e tratamento e gestão de águas) hidrometeorologia e infraestrutura sanitária

Transporte Aéreo e Aeroportos (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.

5.2 Coordenador e Representantes de Área

Coordenador do EIA	José Antonio Schiavon
Representante do EIA-I	Dimas Bettioli Ribeiro
Representante do EIA-T	Mauro Caetano de Souza

5.3 Corpo Docente

5.3.1 Corpo Docente Permanente

Alessandro Vinicius Marques de Oliveira, EIA-T

Economia e Econometria aplicadas ao Transporte Aéreo.
(e-mail: alessandro.oliveira@gp.ita.br)

Anderson Ribeiro Correia, EIA-T

Planejamento e projeto de aeroportos, sistemas logísticos.
(e-mail: anderson.correia@gp.ita.br)

Claudia Azevedo Pereira, EIA-I

Transporte, aeroportos, e pavimentação aeroportuária
(e-mail: claudia.azevedo@gp.ita.br)

Cláudio Jorge Pinto Alves, EIA-T

Planejamento e projeto de aeroportos.
(e-mail: claudio.alves@gp.ita.br)

Delma de Mattos Vidal, EIA-I

Geossintéticos: aplicações, propriedades e dimensionamento; compactação de solos e comportamento de aterros.
(e-mail: delma.vidal@gp.ita.br)

Dimas Bettioli Ribeiro, EIA-I

Métodos computacionais aplicados a problemas de geotecnia.
(e-mail: dimas.ribeiro@gp.ita.br)

Eduardo Moraes Arraut, EIA-I.

Modelagem baseada em agente e sistemas complexos. Gestão hídrica, Sensoriamento Remoto, Geoprocessamento, Ecologia Aplicada.
(e-mail: eduardo.arraut@gp.ita.br)

Eliseu Lucena Neto, EIA-I

Mecânica das Estruturas.
(e-mail: eliseu.neto@gp.ita.br)

Evandro José da Silva, EIA-T

Planejamento aeroportuário e ao transporte aéreo.
(e-mail: evandro.silva@gp.ita.br)

Francisco Alex Correia Monteiro, EIA-I

Engenharia Civil, Estruturas de Aço, Análise não linear, Estabilidade do equilíbrio, Método dos Elementos Finitos.
(e-mail: francisco.monteiro@gp.ita.br)

Giovanna Miceli Ronzani Borille, EIA-T

Transporte aéreo, arquitetura de aeroportos, projeto/planejamento/operações de aeroportos, infraestrutura de aeroportos, simulação, nível de serviço e logística.
(e-mail: giovanna.ronzani@gp.ita.br)

João Claudio Bassan de Moraes, EIA-I

Engenharia Civil
(e-mail: joao.moraes@gp.ita.br)

José Antonio Schiavon, EIA-I

Geotecnia e subárea de Geossintéticos.
(e-mail: jose.schiavon@gp.ita.br)

Marcelo Xavier Guterres, EIA-T

Pesquisa Operacional, Simulação Computacional, Engenharia de Aeroportos e Tráfego Aéreo, Geoprocessamento, Estatística, Econometria e Ciência de Dados
(e-mail: marcelo.guterres@gp.ita.br)

Maryangela Geimba de Lima, EIA-I

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: maryangela.lima@gp.ita.br)

Mauro Caetano de Souza, EIA-T

Planejamento e mensuração da inovação aplicados ao transporte aéreo, Aviação Geral, pequenos aeroportos e vertiports, baseados nos princípios da inteligência artificial
(e-mail: mauro.caetano@gp.ita.br)

Mayara Condé Rocha Murça, EIA-T

Engenharia Civil, Infraestrutura de Transportes, Aeroportos, Projeto e Construção.
(e-mail: mayara.conde@gp.ita.br)

Paulo Ivo Braga de Queiroz, EIA-I

Geossintéticos, hidrogeotecnia ambiental
(e-mail: paulo.queiroz@gp.ita.br)

Paulo Scarano Hemsi, EIA-I
Geotecnia, meio ambiente
(e-mail: paulo.hemsi@gp.ita.br)

Rogéria de Arantes Gomes Eller, EIA-T
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.gomes@gp.ita.br)

Sérgio Gustavo Ferreira Cordeiro, EIA-I
Engenharia de Estruturas e Mecânica dos Sólidos, Método dos Elementos de Contorno, Método dos Elementos Finitos, Análise de fratura e fadiga.
(e-mail: sergio.cordeiro@gp.ita.br)

Wilson Cabral de Sousa Júnior, EIA-I
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.cabral@gp.ita.br)

5.3.2 Corpo Docente Colaborador

Marcio Antonio da Silva Pimentel, EIA-I
Abastecimento de água, Coleta e Tratamento de efluentes e Instalações Prediais
(e-mail: marcio.pimentel@gp.ita.br)

Regis Martins Rodrigues, EIA-I
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)

5.4 Disciplinas

5.4.1 Infraestrutura Aeroportuária - PG/EIA-I

a) Disciplinas Obrigatórias

Sigla	Título	Crédito Máximo
IG-301	Seminário de Tese I * / **	1
IG-302	Seminário de Tese II * / **	1
IG-303	Seminário de Tese III * / **	1
IG-304	Seminário de Tese IV * / **	1
IG-305	Seminário de Tese V * / **	1
IG-306	Seminário de Tese VI * / **	1
IG-307	Seminário de Tese VII * / **	1

IG-308	Seminário de Tese VIII * / **	1
IG-309	Seminário de Tese IX * / **	1
IG-310	Seminário de Tese X * / **	1
IT-200	Infraestrutura Aeronáutica * / **	3

b) Disciplinas Eletivas

Sigla	Título	Crédito Máximo
IE-210	Mecânica do Dano Concentrado para Análise Estrutural	3
IE-220	Introdução ao Método dos Elementos de Contorno	3
IE-225	Durabilidade e Vida Útil das Estruturas de Concreto / Durability and Service Life of Concrete Structures	3
IE-228	Ciência dos Materiais Aplicada a Materiais de Construção Civil / Materials Science Applied to Building Materials	3
IE-234	Modelagem Computacional em Engenharia	3
IG-209	Fundamentos de Elasticidade e Plasticidade	3
IG-214	Avaliação e Restauração de Pavimentos	3
IG-215	Materiais de Pavimentação	3
IG-217	Transporte de Poluentes nos Solos e Águas Subterrâneas	3
IG-225	Projeto Estrutural de Pavimentos	3
IG-245	Modelos Constitutivos para Solos	3
IG-249	Geotecnica Ambiental	3
IG-250	Elementos Finitos em Geotecnica	3
IG-260	Aplicação de Geossintéticos a Obras Civis	3
IG-287	Mecânica dos Solos Avançada	3
IG-288	Análise Experimental em Obras de Infraestruturas / Experimental Analysis in Infrastructure Works	3
IG-289	Engenharia de Túneis	3
IG-500	Tese†	0
IG-601	Estágio Docência I ***	3
IG-602	Estágio Docência II ***	3
IH-210	Tópicos em Engenharia Ambiental	3
IH-219	Sensoriamento Remoto – Aplicações em Infraestrutura e Meio Ambiente	3
IH-220	Tratamento de Águas de Abastecimento	3
IH-223	Uso Eficiente de Água em 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

5.4.2 Transporte Aéreo e Aeroportos - PG/EIA-T

a) Disciplinas Obrigatórias

Sigla	Título	Crédito Máximo
IT-200	Infraestrutura Aeronáutica * / **	3
IT-301	Seminário de Tese I */**	1
IT-302	Seminário de Tese II */**	1
IT-303	Seminário de Tese III */**	1
IT-304	Seminário de Tese IV */**	1
IT-305	Seminário de Tese V */**	1
IT-306	Seminário de Tese VI */**	1
IT-307	Seminário de Tese VII */**	1
IT-308	Seminário de Tese VIII */**	1
IT-309	Seminário de Tese IX */**	1

b) Disciplinas Eletivas

Sigla	Título	Crédito Máximo
IT-110	Economia do Transporte Aéreo I - Fundamentos &	2
IT-203	Aeroportos &	3
IT-205	Produção e Custos em Transporte Aéreo &	3
IT-207	Pesquisa Operacional Aplicada a Problemas de Transporte Aéreo &	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-214	Mobilidade Aérea Urbana	3
IT-216	Gerenciamento de Tráfego Aéreo &&& / Air Traffic Management &&&	3
IT-220	Economia do Transporte Aéreo II - Métodos	2
IT-500	Tese†	0
IT-601	Estágio Docência I ***	3
IT-602	Estágio Docência II ***	3

- As disciplinas marcadas com * são obrigatórias na Área para os alunos regulares de Mestrado em todos os semestres.
- As disciplinas marcadas com ** são obrigatórias na Área para os alunos regulares de Doutorado em todos os semestres.
- A disciplina Estágio Docência marcada com ***, é obrigatória para alunos de doutorado da respectiva área do PG/EIA com bolsa CAPES, devendo ser cursada no mínimo 2 vezes e no máximo 3 vezes no curso.
- A disciplina **Tese** marcada com † é obrigatória para os alunos regulares e especiais de Mestrado e Doutorado em todos os períodos.
- 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.

5.5 EMENTAS

A carga horária semanal das disciplinas abaixo é representada por quatro números separados por um hífen. O primeiro representa 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; o quarto, o número de horas estimadas para estudo em casa, necessárias para acompanhar a disciplina. Cada período letivo compreende 16 semanas de aulas.

IE-210/2025 - Mecânica do Dano Concentrado para Análise Estrutural / Lumped damage mechanics for structural analysis

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. **Ementa:** 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. **Syllabus:** Introduction, Co-rotational Kinematics, Euler-Bernoulli linear and nonlinear elastic frames, Elastic analysis of frames, Timoshenko elastic frames, Uniaxial plasticity, Plastic hinges, Euler-Bernoulli elastoplastic frames, Elastoplastic analysis of frames, Timoshenko elastoplastic frames, Fundamentals of fracture mechanics, Fundamentals of continuum damage mechanics, Lumped damage mechanics, Inelastic analysis of frames with damage and plasticity, Damage models for Timoshenko frames, Damage models for steel frames with local buckling, Low cycle fatigue models for steel beams. **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-220/2025 - Introdução ao Método dos Elementos de Contorno / Introduction to the boundary element method

Requisito recomendado: IE-234 e AE-256 Requisito exigido: Não há Horas semanais: 3-0-0-6 **Ementa:** Método dos resíduos ponderados. Equações integrais de contorno. Noções de vetores e tensores. Teorema da divergência de Gauss, Teorema de Green e aplicações. Integração numérica: Regras de quadratura, Integrais singulares e o método da subtração de singularidade. Discretizações de contorno. Equações integrais de contorno

para problemas governados pela equação de Laplace. Método dos elementos de contorno para problemas de Potencial em \mathbb{R}^2 . **Syllabus:** Weighted residual method. Boundary integral equations. Basics of vectors and tensors. Gauss Divergence Theorem, Green's Theorem and its applications. Numerical integrations: Quadrature rules, singular integrals and the subtraction singularity technique. Boundary discretization. Boundary integral equations for problems governed by the Laplace equation. The boundary element method for potential problems in \mathbb{R}^2 . **Bibliografia:** BREBBIA, C.A; Dominquez, J. Boundary Elements: An introductory course, WIT-press, Southampton, 1978. ALIABADI, M.F. The Boundary Element Method: Applications in Solids and Structures, Wiley, Chichester, 2002. LEONEL, E.D. Introdução ao Método dos Elementos de Contorno, SET-5835, Notas de Aula, 2021.

IE-225/2025 - Durabilidade e Vida Útil das Estruturas de Concreto / Durability and Service Life of Concrete Structures

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. **Ementa:** 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. **Syllabus:** Definitions. Standards and recommendations: ABNT, ASTM, CIB, RILEM, Eurocode. Environmental parameters. Environment characterization. Environmental impact: chemical, physical and physico-chemical attacks. Test methods for evaluating the durability of concrete: laboratory and in situ. Inspection and Diagnostics. Performance Criteria. Service life prediction models: conventional and ones involving environmental parameters. Inspection of special building constructions. Structural recovery and reinforcement: design and execution processes. **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-228/2025 – 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. **Ementa:** 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:** CALLISTER JR, W. D.; RETHWISCH, D. G.

Materials Science and Engineering: An Introduction. Wiley, 9^a ed., 2014. ISAIA, G. C. Materiais de construção civil e princípios de ciência e engenharia de materiais, IBRACON, 2^a ed., vol. 1 e 2, 2010. DAMONE, P.; ILLSTON, J. Construction materials: their nature and behavior, Spon Press, 4^a ed., 2010.

IE-234/2025 - Modelagem Computacional em Engenharia / Computational Modeling in Engineering

Requisito recomendado: FF-212. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. **Ementa:** 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. **Syllabus:** Differential equations: initial value problem, boundary value problem. Partial differential equations: finite differences, finite volumes. Weighted residuals method: collocation, least squares, Petrov-Galerkin, Galerkin. Mathematical programming problem: linear optimization, non-linear optimization. Nonlinear systems: standard/modified Newton-Raphson algorithm, arc length constraint. Curve fitting: linear least squares method, nonlinear least squares method. Artificial neural networks. Genetic algorithms: random number generation, genetic optimization concepts. Monte Carlo method. **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-209/2025 - Fundamentos de Elasticidade e Plasticidade / Fundamentals of Elasticity and Plasticity

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-5. **Ementa:** 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 do material hiperelástico. Simetria do material. Teoria linear da elasticidade. Superfície de escoamento. Lei de endurecimento. Lei de escoamento. Valores efetivos da tensão e deformação plástica. Equações constitutivas do material elastoplástico. Análise limite. **Syllabus:** The continuum concept. Stress. State of stress at a point. Equilibrium equations. Strain. State of strain at a point. Strain-displacement relations. Elastic constitutive equations. Material symmetry. Linear theory of elasticity. Yield surface. Hardening rule. Flow rule. Effective stress and effective plastic strain. Elastoplastic constitutive equations. Limit analysis. **Bibliografia:** LUCENA NETO, E. Fundamentos da mecânica das estruturas, Orsa Maggiore, Florianópolis, 2021. SLAUGHTER, W. S. The linearized theory of elasticity, Birkhäuser, Boston, 2002. CHEN, W. F.; HAN, D. J. Plasticity for structural engineers, Springer-Verlag, New York, 1988.

IG-214/2025 – Avaliação e Restauração de Pavimentos / Pavement Assessment and Restoration

Requisito recomendado: IG-225. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 2-0-1-6. **Ementa:** 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. **Syllabus:** Objectives of a restoration project. Pavement performance and decision about when to restore. Techniques for the restoration of asphalt and cement concrete pavements and their effects, immediate and over time. Structural assessment by means of destructive and non-destructive tests. Surface state assessment. Determination of analysis units. Preparation of the pavement diagnosis. Detection of structurally problematic sites and decision between repairs and deep drainage correction. Prediction of future performance of the restored pavement, in functional and structural terms. Execution of real road and airport projects. ICAO ACN/PCN method and procedures for assessing the 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-215/2025 – Materiais de Pavimentação / Paving Materials

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: IG-224. Horas semanais: 3-0-0-6.

Ementa: 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). **Syllabus:** Rational design of asphalt mixtures. Mechanical and physical properties, durability and constructive details of: chemically stabilized soils, asphalt mixtures, recycled materials, mixtures with asphalt-polymer and rubber asphalt. Cemented materials (Portland cement concrete, rolled concrete, 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-217/2025 – Transporte de Poluentes nos Solos e Águas Subterrâneas/ Pollutant Transport in Soils and Groundwater

Requisito recomendado: GEO-36. Requisito exigido: Não há Horas semanais: 3-0-0-6.

Ementa: Estudo dos poluentes e atividades geradoras. Comportamento dos poluentes no ambiente subterrâneo. Mecanismos de transporte e retenção. Ensaios usuais. Teoria básica do transporte miscível em solos saturados. Equações governantes. Soluções analíticas (1D e 3D). Advecção; Difusão; Adveção-Dispersão Hidrodinâmica; Adsorção; Decaimento de primeira ordem; Pulso instantâneo pontual em domínio 3D; Fonte contínua pontual; Fonte contínua retangular (vertical). Outras soluções analíticas. Cinética. Uso de soluções numéricas. Exercícios de aplicação. **Syllabus:** Study of the pollutants and generating activities. Behavior of pollutants in the subsurface environment. Transport and retention mechanisms. Usual tests. Basic theory of miscible transport in saturated soils. Governing equations. Analytical solutions (1D and 3D). Advection; Diffusion; Advection-Hydrodynamic Dispersion; Adsorption; First order decay; Instantaneous pulse in 3D domain; Continuous point source; Continuous rectangular (vertical) source. Other analytical solutions. Kinetics. Use of numerical solutions. Application problems.

Bibliografia: Hemsi, P.S. (2024). Transporte de Poluentes nos Solos - com Exercícios Resolvidos Usando Soluções Analíticas. Oficina de Textos, São Paulo, Brasil; Zheng, C. e Bennett, G.D. (2002). Applied Contaminant Transport Modeling. 2a Edição, Wiley Inter-Science, Nova York, EUA; Bedient, P.B., Rifai, H.S., Newell, C.J. (1999). Ground water contamination : transport and remediation. 2a edição, Prentice Hall, EUA

IG-225/2025 - Projeto Estrutural de Pavimentos / Paving Structural Design

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

Ementa: 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.

Syllabus: General concepts. Components of a pavement structure. Deterioration and performance mechanisms of a pavement. Principles of pavement mechanics. Mechanical behavior of paving materials. Performance prediction models. Factors to be considered in design. Structural design of pavements: airport, road, urban and port (asphalt and cement concrete). Material specifications. Rational design of asphalt mixtures and cemented materials. Economic analysis of several alternatives. ICAO ACN/PCN Method.

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-245/2025 - Modelos Constitutivos para Solos / Constitutive Models for Soils

Requisito recomendado: IG-209. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6.

Ementa: 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. **Syllabus:** Isotropic and anisotropic elasticity in soils. Plasticity and flow in soils. The original and the modified cam-clay. Critical states and shear strength. Stresses and dilation, Index properties and correlations. Stress trajectories in tests. Some applications of elastoplastic models. Constitutive models for granular soils. Models for cyclic loads. **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-249/2025 – Geotecnia Ambiental / Environmental Geotechnics

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

Ementa: Impacto de obras geotécnicas e técnicas de mitigação. Obras geotécnicas para proteção ambiental em: estabilidade de taludes, controle de erosão superficial e profunda, disposição e contenção de resíduos e rejeitos sólidos e líquidos (urbanos, industriais e de mineração). Introdução ao transporte de contaminantes, avaliação de áreas contaminadas e

princípios de remediação. **Syllabus:** Impact of geotechnical works and mitigation techniques. Geotechnical works for environmental protection in: slope stability, surface and deep erosion control, disposal and containment of solid and liquid waste and tailings (urban, industrial and mining). Introduction to contaminant transport, contaminated area assessment, and remediation principles. **Bibliografia:** KOERNER, R.M., Designing with geosynthetics, V. I e II, 2012. LAGREGA, BUCKINGHAM E EVANS, Hazardous waste management, McGraw-Hill, 2001. LAMBE, T. WITMAN, Soil Mechanics-SI, John Wiley & sons, New York, 1979. PYLARCZYK, Geosynthetics and geosystems in hydraulic and coastal engineering. Balkema, 2000.

IG-250/2025 – Elementos Finitos em Geotecnia / Finite Elements in Geotechnics

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. **Ementa:** 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. **Syllabus:** Domain division into finite elements: geometry approximations, basic element behavior and how to choose an element. Interpolation functions: linear and non-linear interpolation, local and global coordinates. Formulation of the elastic problem: variational formulation, 1D, 2D and 3D linear elasticity. Numerical integration: Gaussian and Hammer quadrature. Plane states: stress, strain, and radial symmetry. Complementary problems: percolation, heat transfer and torsion, primary and secondary consolidation. **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-260/2025 - Aplicação de Geossintéticos a Obras Civis / Application of geosynthetics to civil works

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. **Ementa:** Os geossintéticos e suas funções. Fatores de influência e processos para determinação das propriedades características dos geossintéticos. Durabilidade e comportamento de longo prazo. Métodos de dimensionamento básicos para as principais funções. Especificação de produto. Metodologia construtiva. **Syllabus:** Geosynthetics and their functions. Influence factors and processes for determining the characteristic properties of geosynthetics. Durability and long-term behavior. Basic design methods for the main functions. Product specification. Construction methodology. **Bibliografia:** KOERNER, R. M., Designing with geosynthetics, Vol.1 e Vol.2. Prentice Hall, 2012; PILARCZYK, K. Geosynthetics and geosystems in hydraulical and coastal engineering. Balkema, 2000; LOPES, M. P. E. LOPES, M. L. Durabilidade de geossintéticos, FEUP Edições, Porto, Portugal, 2010.

IG-287/2025 - Mecânica dos Solos Avançada / Advanced Soil Mechanics

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. **Ementa:** Estrutura dos solos. Percolação em meios porosos. Comportamento sob deformação unidirecional. Teorias do adensamento. Trajetórias de tensões. Comportamento tensão-deformação sob cisalhamento. Resistência ao cisalhamento. Solos não saturados.

Syllabus: Soil structure. Percolation in porous media. Behavior under unidirectional deformation. Theories of compaction. Stress paths. Stress-strain behavior under shear. Shear strength. Unsaturated soils. **Bibliografia:** LAMBE, & WITMAN, Soil Mechanics-SI, John Wiley & Sons, New York, 1979; 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-288/2025 – 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.

Ementa: 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:** DUNNCLIFF, J. Geotechnical instrumentation for monitoring field performance. John Wiley & Sons, 1993. BALBO, J. T. Pavimentos de Concreto. São Paulo: Oficina de Textos, 2009. BALBO, J. T. Pavimentação Asfáltica: materiais, projeto e restauração. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.

IG-289/2025 – Engenharia de Túneis / Tunnel Engineering

Requisito recomendado: IG-209. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6.

Ementa: Revisão histórica da Engenharia de Túneis; Métodos de escavação de escavação de túneis em rocha (classificação empírica, meios descontínuos); Métodos de escavação em solos (sequência de escavação, métodos mecanizados, tratamento do maciço, deformação de maciço, distorção e danos a edificações); Projeto do revestimento de túneis (revestimento temporário e permanente); instrumentação de túneis (convergência, monitoramento de recalques de superfície e pressão de água no maciço); Considerações de projeto para pressões de água no maciço; Projeto de poços; Investigação de campo. **Syllabus:** Historical review of Tunnel Engineering; tunnelling in rock methods (empirical classification, discontinuous media); soil tunnelling methods (excavation sequence, mechanized methods, mass treatment, mass deformation, and distortion and damage to buildings); Tunnel lining design (temporary and permanent lining); Tunnel monitoring (convergence, surface settlement monitoring and water mass pressure); Design

considerations for mass water pressure; Well design; Field investigation. **Bibliografia:** OU, C. Deep excavation: Theory and practice. CRC Press, 2014. CHAPMAN, D.; METJE, N.; STÄRK, A. Introduction to tunnel construction. CRC Press, 2017. KUESEL, T. R.; KING, E. H.; BICKEL, J. O. Tunnel engineering handbook. Springer Science & Business Media, 2012.

IG-301/2025 a IG-310 - Seminário de Tese / Thesis Seminar

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 1-0-0-2. **Ementa:** Tópicos relevantes em transporte aéreo e aeroportos, expostos por especialistas da área, ou trabalhos de tese em andamento, expostos por alunos de pós-graduação. **Syllabus:** Relevant topics concerning air transport and airports, presented by experts in the field. Research in progress, presented by graduate students. **Bibliografia:** a critério do professor.

IH-210/2025 - Tópicos em Engenharia Ambiental / Topics in Environmental Engineering

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-5. **Ementa:** 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”. **Syllabus:** Environment and development: history and paradigms. Engineering and sustainability. Topics in ecology: ecosystem integrality, biogeochemical cycles, energy flows, homeostasis. Anthropogenic impacts and mitigation, recovery and compensation factors. Environmental impact assessment. Environmental Economics and Ecological Economics, economic-environmental analysis of infrastructure projects. Case studies and problem solving. Seminars: “Infrastructure and Environment”. **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, 2^a Ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005. Sousa Junior, W. C.; Waichman, A.; Sinigallli, P. A. A.; Angelis, C. F.; Romeiro, A. (eds) Rio Purus: águas, território e sociedade na Amazônia Sul-Ocidental. Goiânia: LibriMundi, 2012. Bateman, I. J.; Lovett, A. A.; Brainard, J. S. Applied environmental economics. Cambridge: University Press, 2003.

IH-219/2025 - Sensoriamento Remoto - Aplicações em Infraestrutura e Meio Ambiente / Remote Sensing - Applications in Infrastructure and Environment

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. **Ementa:** 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 radiométrica, 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. **Syllabus:** Physical Principles of Remote Sensing: electromagnetic energy, electromagnetic spectrum, radiometric quantities, Laws of Planck,

Steffan-Boltzmann, Wien and Kirchhoff. Sensor systems: characteristics and applications of optical remote sensing systems (LANDSAT, CBERS, SPOT, MODIS, NOAA, QUICKBIRD, RAPIDEYE), radar and lidar. Digital processing of remote sensing images: pixel conceptualization, spatial, temporal, spectral and radiometric resolutions, atmospheric correction, color theory, enhancement, georeferencing and registration, spectral behavior of targets, image interpretation elements, image navigation, image algebra, segmentation and classification. Practical applications of remote sensing in natural resources, ecosystem services and the built environment. **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-220/2025 - Tratamento de Águas de Abastecimento / Supply Water Treatment

Requisito recomendado: HID-32 ou equivalente. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 4-0-0-7. **Ementa:** 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. **Syllabus:** Water quality. Potability Standard. Treatability Studies. Unit Processes and Operations used in Water Treatment. Full Cycle Treatment Technology. Treatment and Final Disposal of WWTP Sludge. WWTP Project in Full Cycle. **Bibliografia:** AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION. Water quality and treatment – A handbook of community water supplies. McGraw-Hill, Inc., 5th 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-223/2025 – Uso Eficiente de Água em Edificações / Efficient Use of Water in Buildings

Requisito recomendado: IH-210 Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-7. **Ementa:** Panorama geral sobre sistemas de abastecimento de água e sistemas de esgoto sanitário. Tratamento de água (tecnologia de tratamento em filtração direta: coagulação, flocação, 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. **Syllabus:** Overview of water supply systems and sanitary sewer systems. Water treatment (direct filtration treatment technology: coagulation, flocculation, filtration, disinfection and final stabilization). Aerobic and anaerobic treatment processes. Sizing of rainwater building installations. Definition of water demand for non-potable purposes. Dimensioning of non-potable water reservoir. Rainwater harvesting systems. Gray water reuse systems. Loss management in water systems. **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-225/2025 - Simulação Termo-energética em Edificações / Thermo-energetic Simulation in Buildings

Requisito recomendado: Termodinâmica (ME-200 ou equivalente); Fenômenos de transporte em engenharia ambiental. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6.

Ementa: 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.

Syllabus: Phenomena of heat and mass transport in buildings. Solar energy absorption. Convection heat transfer. Long wave radiation. Internal sources of heat and humidity. Internal airflow. External surfaces and climate. Heat transfer to the ground. Heat transfer in opaque closures. Heat transfer in transparent closures. Air infiltration and natural ventilation. Air conditioning. **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-230/2025 – Economia Ambiental e Ecológica / Environmental and Ecological Economics

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

Ementa: 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 (PES). 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:** 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-240/2025 –Tensores e Princípios Variacionais / Tensors and Variational Principles

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

Ementa: 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. **Syllabus:** Einstein's summation convention. Linear algebra for tensors. Generalized tensors. Tensor character tests. The metric tensor. The Derivative of a Tensor. Tensors in Euclidean Geometry and Classical Mechanics. The general nature of extreme problems. Stationary value of functions. The second variation. Stationary value versus extreme value. Auxiliary conditions. The Lagrangian multipliers method. **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-110/2025 - Economia do Transporte Aéreo I - Fundamentos / Economics of Air Transport I - Fundamentals

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 2-0-0-4. **Ementa:** 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. **Syllabus:** Evolutionary analysis of institutions and economic regulation of the air transport sector. Competition in air transport markets. Demand for air travel. Operating costs and offer of carriers. Revenue management. Airline operations and quality management. Mergers and alliances in air transport. Financial aspects of operation. Airport economy. Development and sustainability in air transport. **Bibliografia:** HOLLOWAY, S. Straight and level: practical airline economics. Aldershot: Ashgate, 2008.; HANLON, P. Global airlines - competition in a transnational industry. 3^a edição. Amsterdam: Elsevier - Butterworth Heinemann, 2007.; DOGANIS, R. (2010). Flying off course: airline economics and marketing. London: Routledge.

IT-200/2025 – Infraestrutura Aeronáutica / Aeronautical Infrastructure

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-5. **Ementa:** 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 a obstáculos 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. **Syllabus:** National and International Aviation System: history and prospects. Aircraft: operational aspects and their relationship with the airport: categories and prospects. Take-off and Landing Procedures. Runway Length and Orientation. Airspace Obstacle Evaluation. Airport and Aircraft Noise. Airport Configuration and Layout. Airport Site Selection. Airport Related Impacts. Airports and Sustainability. Airport Capacity Evaluation. **Bibliografia:** HORONJEFF, R. et alii, Planning and design of airports. 5th ed, McGraw-Hill, 2010.; ASHFORD, N.; WRIGHT, P., Airport Engineering. 4th ed, Wiley, 2011.; ANAC, Projeto de aeródromos. RBAC 154, 2021.

IT-203/2025 - Aeroportos / Airports

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. **Ementa:** 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. **Syllabus:** Airport Planning: master plans. Airside Geometry: runways and aprons. Airport Markings. Landside Geometry. Passenger Terminals: concepts, flows, sizing, and capacity. Functional Diagrams. Heliports. Safety and Facilitation. Airport Design Evaluation. **Bibliografia:** 1 HORONJEFF, R. et alii, Planning and design of airports. 5th ed, McGraw-Hill, 2010. 2 ASHFORD, N.; WRIGHT, P., Airport Engineering. 4th ed, Wiley, 2011. 3 ICAO, Aerodromes. Anexo 14, 7th ed, Montreal, 2016.

IT-205/2025 - Produção e Custos em Transporte Aéreo / Production and Costs in Air Transport

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-5. **Ementa:** 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. **Syllabus:** Production Theory: short-term and long-term production. Marginal Product and Average Product. Production functions. Cobb-Douglas function applied to air transport. Returns to Scale. Cost theory: short-term and long-term costs. Marginal cost and average cost. Introduction to air transport costs: the airport and the airlines. Explicit costs and implicit costs. Environmental costs. Technical regulation and its influence on costs. Exchange rate's influence. Strategic cost management in air transport: cost management tools. **Bibliografia:** DOGANIS, R., The Airline Business in the 21st Century. London: Routledge, 1st 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-207/2025 - Pesquisa Operacional Aplicada a Problemas de Transporte Aéreo / Operations Research Applied to Air Transport Problems

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. **Ementa:** 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. **Syllabus:** Linear programming: standard form and alternative forms; Simplex algorithm; sensitivity analysis. Transport, transshipment and assignment problems: formulation of mathematical models; specific solution methods. Probabilistic linear programming. Transport graphs and networks: definitions and basic concepts; shortest path

problem; maximum flow problem. Applications to air transport problems. Air transport planning process. Timetables; planning, allocation and rotation of the aircraft fleet. Crew planning and rotation. Planning and operation of aircraft aprons at airports. Air traffic flow management. **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-210/2025 – Análise de Sistemas Logísticos / Logistics Systems Analysis

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

Ementa: 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.

Syllabus: Concepts, tools and methodologies to support the managing logistics systems. Evaluating the performance of logistics systems. Introduction and conceptualization of computer simulation modeling. Productivity, efficiency and benchmark. Logistics in the air transport. **Bibliografia:** Taylor III, B. W. Introduction to Management Science. Prentice Hall, 9th Ed., 2007. Novaes, A. G. Logística e Gerenciamento da Cadeia de Distribuição: Estratégia, Operação e Avaliação. Editora Campus, 2^a. Ed., 2004. Altiok, K. e Melamed, B. Simulation Modeling and Analysis With Arena, 1st. Ed., Elsevier, 2007.

IT-211/2025 – Arquitetura de Aeroportos / Airport Architecture

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-5.

Ementa: 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. **Syllabus:** Integration between architecture and engineering in airport design. Brazilian and foreign airports passenger terminal (architectural design concepts). Airport categories and constructive planning. Flexibility, sharing and modularization. Passenger terminal interiors (space, layout, components). Level of Service. User experience. Guidance, signage, circulation, passenger movement and baggage flow. Sustainability and bioclimatism in airport planning and design. Airport surroundings: curbs, access and intermodal connections. Smart airports and the future: new activities, trends, new technologies and UAM (Urban Air Mobility). **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. Edition 12, 2022.

IT-212/2025 – Inovação em Transporte Aéreo / Air Transport Innovation

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-5. **Ementa:** 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. **Syllabus:** The Innovation concept; Taxonomies and types of innovation; Dimensions of the innovation process; Differences between technology and product / service / process; Open innovation; Planning and management of the innovation process; Innovations in Air Transport; Airport, Airline and Aeronautical Industry Innovations; Policies in Air Transport Innovation. The main course objective are to discuss the dynamics of the innovation process. Identify the characteristics and specificities of the innovation processes, considering their determinants, dimensions and activities. Identify and discuss innovation practices in air transport, as well as other aspects related to the state of the art on the subject and the management of innovation in the sector. **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-213/2025 – Simulação de Monte Carlo Aplicada a Transporte Aéreo / Monte Carlo Simulation Applied to Air Transport

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-5. **Ementa:** 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. **Syllabus:** Introduction to the computer simulation process. The R programming language. Random number generation. Input data modeling using R. Introduction to Monte Carlo simulation. Generation of random variables. Simulation of probability distributions with R. Elaboration of the conceptual model. Elaboration of the computational model. Verification and validation of models. Scaling heating and replications. Statistical analysis of simulation results. Variance Reduction Techniques. Simulation of problems in Air Transport. **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-214/2025 - Mobilidade Aérea Urbana/Urban Air Mobility

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. **Ementa:** Este curso oferece uma visão abrangente da Mobilidade Aérea Urbana (UAM),

explorando os aspectos técnicos, regulatórios e operacionais desse campo emergente. Os alunos terão a oportunidade de entender o potencial transformador da UAM no transporte urbano, discutir os desafios atuais e futuros, e identificar as oportunidades inovadoras no setor. O curso abrange uma variedade de tópicos essenciais, incluindo a história e evolução da UAM, questões legais e regulatórias, design e planejamento de vertiportos, gerenciamento do espaço aéreo, análise de demanda e viabilidade, tipos de aeronaves para UAM (como eVTOLs e drones), sistemas de propulsão e baterias, segurança e gerenciamento de riscos, impacto social e ambiental, além de tendências futuras e desenvolvimentos esperados. **Syllabus:** This course offers a comprehensive overview of Urban Air Mobility (UAM), exploring the technical, regulatory, and operational aspects of this emerging field. Students will have the opportunity to understand the transformative potential of UAM in urban transportation, discuss current and future challenges, and identify innovative opportunities in the sector. The course covers a range of essential topics, including the history and evolution of UAM, legal and regulatory issues, vertiport design and planning, airspace management, demand and feasibility analysis, types of UAM aircraft (such as eVTOLs and drones), propulsion systems and batteries, safety and risk management, social and environmental impact, as well as future trends and expected developments. **Bibliografia:** AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL (ANAC). Advanced Air Mobility: Panorama e Perspectivas 2023. Brasília: ANAC, 2023. Disponível em:<https://www.gov.br/anac/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/publicacoes-arquivos/aam-panorama-2023.pdf>. Acesso em 26/08/2024; SEMANJSKI, Ivana; PRATELLI, Antonio; PIERACCINI, Massimiliano; SEMANJSKI, Silvio; PETRI, Massimiliano; GAUTAMA, Sidharta (Eds.). Urban Air Mobility (UAM). Basel: MDPI, 2023. 274 p. ISBN 978-3-0365-9163-6. Disponível em: <https://www.mdpi.com/books/reprint/8176-urban-air-mobility-uam>. Acesso em: 26 ago. 2024.; NASA. Urban Air Mobility Concept of Operations (ConOps) v1.0. Washington, D.C.: National Aeronautics and Space Administration, 2020. Disponível em: https://nari.arc.nasa.gov/sites/default/files/attachments/UAM_ConOps_v1.0.pdf. Acesso em: 26 ago. 2024.

IT-216/2025 - Gerenciamento de Tráfego Aéreo / Air Traffic Management

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-5.

Ementa: 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 estimativa. 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. **Syllabus:** 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:** NOLAN, M. Fundamentals of air traffic control. 5. ed. Clifton Park, NY: Delmar Cengage Learning, 2010.; BELOBABA, P.; ODONI, A.; Barnhart, C. The global airline industry. 2. ed. Hoboken, NJ: Wiley, 2015.; DURAND, N.; GIANAZZA, D.; GOTTELAND, J.-B.; ALLIOT, J.-M. Metaheuristics for air traffic management. 1. ed. Hoboken, NJ: Wiley, 2016.

IT-220/2025 - Economia do Transporte Aéreo II - Métodos / Economics of Air Transport II - Methods

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 2-0-0-6. **Ementa:** 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. **Syllabus:** Analysis and interpretation of econometric models applied to airline and airport data. Conceptual models and relationships between variables; formulation of hypotheses. Analysis of the structure and data generating process; model specification; dummy variables. Estimation of multiple linear regression models and post-estimation statistical inference; sensitivity analyses. Study of unobservable factors; omitted variable bias. Problems with endogenous regressors and identification using instrumental variable estimators. Panel data models: fixed and random effects; stationarity and cointegration in panel data. Discrete passenger choice models and bounded dependent variable problems: Probit, Logit, Tobit. Sample selection problems and Heckit estimator. Assessment of impacts of public policies; difference-in-difference estimator. Bootstrap method for adjusting standard errors of estimates. **Bibliografia:** WOOLDRIDGE, J. Introductory econometrics: a modern approach. 5^a edição. Mason: South-Western/Cengage Learning, 2013.; WOOLDRIDGE, J. Econometric analysis of cross section and panel data. 2^a edição. London: The MIT press, 2010.; CAMERON, A.; TRIVEDI, P. Microeconometrics using Stata. College Station: Stata Press, 2010.

IT-301/2025 a IT-309 - Seminário de Tese / Thesis Seminar

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 1-0-0-2. **Ementa:** Tópicos relevantes em transporte aéreo e aeroportos, expostos por especialistas da área, ou trabalhos de tese em andamento, expostos por alunos de pós-graduação. **Syllabus:** Relevant topics concerning air transport and airports, presented by experts in the field. Research in progress, presented by graduate students. **Bibliografia:** a critério do professor.

6. FÍSICA (PG/FIS)

O Programa de Pós-Graduação em Física (PG-FIS), vinculado à Pró-Reitoria divisão de Pós-Graduação (IP) do Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA), com sede e foro no município de São José dos Campos, foi criado em 1963, visando os seguintes objetivos:

- (i) Formar de mestres e doutores em Ciências, nas áreas de concentração do curso, voltadas para o ensino, a pesquisa e o desenvolvimento tecnológico, promovendo a capacitação de recursos humanos necessária para a atuação na academia ou na indústria;
- (ii) Realizar atividades de pesquisa, no estado da arte da ciência, visando produção de conhecimento e tecnologias de fronteira, a nível internacional;
- (iii) Promover a integração ativa junto aos cursos de graduação do ITA auxiliando na formação e no aperfeiçoamento de engenheiros altamente capacitados.

6.1 Áreas de Concentração e Linhas de Pesquisa

As atividades de ensino e pesquisa do PG-FIS encontram-se agrupadas nas áreas de concentração e linhas de pesquisa listadas a seguir.

Física de Plasmas (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.

Física Atômica e Molecular (FIS-A)

A pesquisa na área de Física Atômica e Molecular abrange: (i) sistemas poliatômicos: propriedades de moléculas, estrutura eletrônica e geometria, espalhamento por elétrons, pósitrons e positrônio, condensação atômica e. (ii) materiais semicondutores e suas nanoestruturas: propriedades estruturais, eletrônicas, ópticas, magnéticas e de transporte, incluindo bulk, ligas e heteroestruturas.

Física Nuclear (FIS-N)

As atividades de pesquisa na área de Física Nuclear compreendem: Estrutura Nuclear e Hadronica, Modelos relativísticos. Fenomenologia de partículas. Teoria Quântica de Campos, Cosmologia, Astrofísica e Gravitação. Reações Nucleares e Espalhamento Geral.

Dinâmica Não-Linear e Sistemas Complexos (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.

6.2 Coordenador e Representantes de Área

Coordenador do PG/FIS	Odilon Lourenço da Silva Filho
Representante do FIS-A	Filipe Matusalém de Souza
Representante do FIS-C	Marco Antonio Ridenti
Representante do FIS-N	Mariana Dutra da Rosa Lourenço
Representante do FIS-P	André Luis de Jesus Pereira

6.3 Corpo Docente

6.3.1 Corpo Docente Permanente

André Jorge Carvalho Chaves, Dr., FIS-A

Física da Matéria Condensada, estruturas Eletrônicas e Propriedades Elétricas de Superfícies.

(e-mail: andre.chaves@gp.ita.br)

André Luis de Jesus Pereira, FIS-P

Processamento e caracterização de materiais semicondutores. Óxidos semicondutores.

(e-mail: andre.pereira@gp.ita.br)

Argemiro Soares da Silva Sobrinho, FIS-P

Processamento de Materiais a Plasma.

(e-mail: argemiro.sobrinho@gp.ita.br)

Brett Vern Carlson, FIS-N

Estrutura Nuclear e Reações Nucleares.

(e-mail: brett.carlson@gp.ita.br)

César Henrique Lenzi, FIS-N

Astrofísica e Gravitação.

(e-mail: cesar.lenzi@gp.ita.br)

Erico Luiz Rempel, FIS-C

Simulação e Análise de Plasmas Astrofísicos, Caos, Dinâmica Não-Linear, Sistemas Complexos, Turbulência, MHD.

(e-mail: erico.rempel@gp.ita.br)

Filipe Matusalém de Souza, FIS-A

Simulação atomística voltada para a compreensão das propriedades estruturais e eletrônicas de sólidos, nanoestruturas e moléculas usando técnicas de teoria do funcional da densidade, dinâmica molecular e aprendizado de máquina ("machine learning").

(e-mail: filipe.matusalem@gp.ita.br)

Franciole da Cunha Marinho, FIS-N

Física de Partículas e Física de Neutrinos Experimental.

(e-mail: franciole.marinho@gp.ita.br)

Francisco Bolivar Correto Machado, FIS-A

Física Atômica e Molecular, Materiais orgânicos semicondutores, Estrutura Eletrônica Molecular, Cinética Química.
(e-mail: francisco.machado@gp.ita.br)

Homero Santiago Maciel, FIS-P

Descargas Elétricas. Aplicações Tecnológicas de Plasmas Frios.
(e-mail: homero@ita.br)

Ivan Guilhon Mitoso Rocha, FIS-A

Física, Física da Matéria Condensada.
(e-mail: ivan.rocha@gp.ita.br)

Jayr de Amorim Filho, FIS-C

Descargas Elétricas.
(e-mail: jayr.amorim@gp.ita.br)

Lara Kuhl Teles, FIS-A

Física da Matéria Condensada. Propriedades eletrônicas, estruturais, magnéticas e termodinâmicas em materiais semicondutores e nanoestruturas, suas ligas e heteroestruturas. Método DFT- $\frac{1}{2}$ para correção do gap de energia.
(e-mail: lara.teles@gp.ita.br)

Laura Paulucci Marinho, FIS-N

Física de Partículas, Física de Neutrinos Experimental e Astropartículas.
(e-mail: laura.paulucci@gp.ita.br)

Luiz Fernando de Araujo Ferrão, FIS-A

Física atômica e molecular e físico-química, com ênfase em Estrutura Eletrônica de Átomos e Moléculas.
(e-mail: luiz.ferrao@gp.ita.br)

Marcelo Marques, FIS-A

Física da Matéria Condensada. Propriedades eletrônicas, estruturais, magnéticas e termodinâmicas em materiais semicondutores e nanoestruturas, suas ligas e heteroestruturas. Método DFT- $\frac{1}{2}$ para correção do gap de energia.
(e-mail: marcelo.marques@gp.ita.br)

Marco Antonio Ridenti, FIS-C

Plasmas Espaciais.
(e-mail: marco.ridenti@gp.ita.br)

Mariana Dutra da Rosa Lourenço, FIS-N

Física Hadronica e Nuclear, Aplicações em astrofísica.
(e-mail: mariana.dutra@gp.ita.br)

Odilon Lourenço da Silva Filho, FIS-N

Física Nuclear Teórica, Fenomenologia nuclear, modelos hadrônicos relativísticos e

non-relativísticos, modelos efetivos da QCD, termodinâmica das transições de fase aplicada à hadrons e quarks, decaimentos mesônicos.
(e-mail: odilon.lourenco@gp.ita.br)

Pedro José Pompeia, FIS-N
Física das Partículas Elementares e Campos.
(e-mail: pedro.pompeia@gp.ita.br)

Rene Felipe Keidel Spada, FIS-A
Física Atômica e Molecular com ênfase em Estrutura eletrônica de átomos e moléculas e propriedades cinéticas de reações.
(e-mail: rene.spada@gp.ita.br)

Rodrigo Sávio Pessoa, FIS-P
Física, com ênfase em Física da Matéria Condensada e Física de Plasmas
(e-mail: rodrigo.pessoa@gp.ita.br)

Tobias Frederico, FIS-N
Estrutura Nuclear; Reações Nucleares; Física de Hâdrons.
(e-mail: tobias.frederico@gp.ita.br)

Wayne Leonardo de Paula, FIS-N
Física Nuclear, Física de Partículas.
(e-mail: wayne.paula@gp.ita.br)

6.4 Disciplinas

6.4.1 Física de Plasmas - PG/FIS-P

a) Disciplinas Obrigatórias

Sigla	Título	Crédito Máximo
FF-204	Eletrodinâmica I * ou	3
FF-264	Descargas Elétricas e Plasmas I *	3
FF-299	Laboratório de Descargas Elétricas e Plasmas &&&	3

b) Disciplinas Eletivas

Sigla	Título	Crédito Máximo
AB-121	Mecânica Orbital	3
FF-200	Métodos Matemáticos da Física &&&	3
FF-201	Mecânica Quântica I	3
FF-202	Mecânica Quântica II	3
FF-203	Mecânica Estatística &&&	3
FF-206	Nanomateriais e Nanotecnologia	3
FF-207	Mecânica Analítica	3

FF-209	Fundamentos da Computação Quântica / Fundamentals of Quantum Computing	3
FF-212	Métodos Computacionais de Física	3
FF-213	Processamento de materiais por plasma para aplicação	3
FF-219	Nanofotônica Quântica	3
FF-220	Introdução a Teoria da Pertubação de Muitos Corpos para Excitações Eletrônicas	1
FF-230	Introdução à Teoria da Relatividade Geral	3
FF-231	Tópicos de Cosmologia &&&	3
FF-235	Teoria Quântica de Campos I &&&	3
FF-236	Teoria Quântica de Campos II	3
FF-253	Introdução à Mecânica Quântica	3
FF-261	Física dos Plasmas I	3
FF-281	Física do Estado Sólido I	3
FF-283	Física de Muitos Corpos I	3
FF-287	Física de Semicondutores	3
FF-291	Introdução à Espectroscopia Raman	3
FF-292	Quarks e Hâdrons	3
FF-295	Propriedades de cristais e difração de raios X	3
FF-296	Teoria do Funcional da Densidade I &&&	3
FF-298	Instrumentação em Física Espacial &&&	3
FF-299	Laboratório de Descargas Elétricas e Plasmas &&&	3
FF-500	Tese †	0
FF-601	Estágio Docência I ***	3
FF-602	Estágio Docência II ***	3
FM-223	Dinâmica Não-Linear e Caos I	3
FM-224	Dinâmica Não-Linear e Caos II	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
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

6.4.2 – 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

b) Disciplinas Eletivas

Sigla	Título	Crédito Máximo
AB-121	Mecânica Orbital	3
FF-200	Métodos Matemáticos da Física &&&	3
FF-203	Mecânica Estatística &&&	3
FF-204	Eletrodinâmica I &&&	3
FF-206	Nanomateriais e Nanotecnologia	3
FF-207	Mecânica Analítica	3
FF-209	Fundamentos da Computação Quântica / Fundamentals of Quantum Computing	3
FF-212	Métodos Computacionais de Física	3
FF-213	Processamento de materiais por plasma para aplicação	3
FF-219	Nanofotônica Quântica	3
FF-220	Introdução a Teoria da Perturação de Muitos Corpos para Excitações Eletrônicas	1
FF-230	Introdução à Teoria da Relatividade Geral	3
FF-231	Tópicos de Cosmologia &&&	3
FF-235	Teoria Quântica de Campos I &&&	3
FF-236	Teoria Quântica de Campos II	3
FF-253	Introdução à Mecânica Quântica	3
FF-261	Física dos Plasmas I	3
FF-264	Descargas Elétricas e Plasmas I	3
FF-281	Física do Estado Sólido I	3
FF-283	Física de Muitos Corpos I	3
FF-287	Física de Semicondutores	3
FF-291	Introdução à Espectroscopia Raman	3
FF-292	Quarks e Hâdrons	3
FF-295	Propriedades de cristais e difração de raios X	3
FF-296	Teoria do Funcional da Densidade I &&&	3
FF-298	Instrumentação em Física Espacial &&&	3
FF-299	Laboratório de Descargas Elétricas e Plasmas &&&	3
FF-500	Tese †	0
FF-601	Estágio Docêncio I ***	3
FF-602	Estágio Docêncio II ***	3
FM-223	Dinâmica Não-Linear e Caos I	3
FM-224	Dinâmica Não-Linear e Caos II	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

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

6.4.3 - Física Nuclear - PG/FIS-N

a) Disciplinas Obrigatórias

Sigla	Título	Crédito Máximo
FF-201	Mecânica Quântica I ^{*/**}	3
FF-202	Mecânica Quântica II ^{**}	3

b) Disciplinas Eletivas

Sigla	Título	Crédito Máximo
AB-121	Mecânica Orbital	3
FF-200	Métodos Matemáticos da Física ^{&&&}	3
FF-201	Mecânica Quântica I	3
FF-202	Mecânica Quântica II	3
FF-203	Mecânica Estatística ^{&&&}	3
FF-204	Eletrodinâmica I ^{&&&}	3
FF-206	Nanomateriais e Nanotecnologia	3
FF-207	Mecânica Analítica	3
FF-209	Fundamentos da Computação Quântica / Fundamentals of Quantum Computing	3
FF-212	Métodos Computacionais de Física	3
FF-213	Processamento de materiais por plasma para aplicação	3
FF-219	Nanofotônica Quântica	3
FF-220	Introdução a Teoria da Perturação de Muitos Corpos para Excitações Eletrônicas	1
FF-230	Introdução à Teoria da Relatividade Geral	3
FF-231	Tópicos de Cosmologia ^{&&&}	3
FF-235	Teoria Quântica de Campos I ^{&&&}	3
FF-236	Teoria Quântica de Campos II	3
FF-253	Introdução à Mecânica Quântica	3
FF-261	Física dos Plasmas I	3
FF-264	Descargas Elétricas e Plasmas I	3
FF-281	Física do Estado Sólido I	3
FF-283	Física de Muitos Corpos I	3
FF-287	Física de Semicondutores	3
FF-291	Introdução à Espectroscopia Raman	3
FF-292	Quarks e Hádrons	3

FF-295	Propriedades de cristais e difração de raios X	3
FF-296	Teoria do Funcional da Densidade I &&&	3
FF-298	Instrumentação em Física Espacial &&&	3
FF-299	Laboratório de Descargas Elétricas e Plasmas &&&	3
FF-500	Tese †	0
FF-601	Estágio Docência I ***	3
FF-602	Estágio Docência II ***	3
FM-223	Dinâmica Não-Linear e Caos I	3
FM-224	Dinâmica Não-Linear e Caos II	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
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

6.4.4 – Física Dinâmica Não Linear e Sistemas Complexos – PG/FIS-C

a) Disciplinas Obrigatórias

Sigla	Título	Crédito Máximo
FM-223	Dinâmica Não-Linear e Caos I */**	3
FM-224	Dinâmica Não-Linear e Caos II **	3
FF-321	Seminário de Tese I * / ** (Obrigatória a partir do 3º Período)	1
FF-322	Seminário de Tese II */**	1
FF-323	Seminário de Tese III */**	1
FF-324	Seminário de Tese IV */**	1
FF-325	Seminário de Tese V */**	1
FF-326	Seminário de Tese VI */**	1

b) Disciplinas Eletivas

Sigla	Título	Crédito Máximo
FF-200	Métodos Matemáticos da Física &&&	3
FF-201	Mecânica Quântica I	3
FF-202	Mecânica Quântica II	3
FF-203	Mecânica Estatística &&&	3
FF-204	Eletrodinâmica I &&&	3
FF-206	Nanomateriais e Nanotecnologia	3

FF-207	Mecânica Analítica	3
FF-209	Fundamentos da Computação Quântica / Fundamentals of Quantum Computing	3
FF-212	Métodos Computacionais de Física	3
FF-213	Processamento de materiais por plasma para aplicação	3
FF-219	Nanofotônica Quântica	3
FF-220	Introdução a Teoria da Pertubação de Muitos Corpos para Excitações Eletrônicas	1
FF-230	Introdução à Teoria da Relatividade Geral	3
FF-231	Tópicos de Cosmologia &&&	3
FF-235	Teoria Quântica de Campos I &&&	3
FF-236	Teoria Quântica de Campos II	3
FF-253	Introdução à Mecânica Quântica	3
FF-261	Física dos Plasmas I	3
FF-264	Descargas Elétricas e Plasmas I	3
FF-276	Mecânica Estatística Clássica de não-Equilíbrio	3
FF-281	Física do Estado Sólido I	3
FF-283	Física de Muitos Corpos I	3
FF-287	Física de Semicondutores	3
FF-291	Introdução à Espectroscopia Raman	3
FF-292	Quarks e Hádrons	3
FF-295	Propriedades de cristais e difração de raios X	3
FF-296	Teoria do Funcional da Densidade I &&&	3
FF-298	Instrumentação em Física Espacial &&&	3
FF-299	Laboratório de Descargas Elétricas e Plasmas &&&	3
FF-500	Tese †	0
FF-601	Estágio Docência I ***	3
FF-602	Estágio Docência II ***	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
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

- 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 \dagger , é obrigatória para os alunos de Mestrado e Doutorado em todos os semestres, a partir do 3º período.
- 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.

6.5 EMENTAS

FF-200/2025 - Métodos Matemáticos da Física

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 4-0-0-8.

Ementa: 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-201/2025 - Mecânica Quântica I

Requisito recomendado: FF-207. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 4-0-0-8.

Ementa: 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-202/2025 - Mecânica Quântica II

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: FF-201. Horas semanais: 4-0-0-8.

Ementa: 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 freimento e transições radiativas. **Bibliografia:** Modern Quantum Mechanics, J.J. Sakurai e Jim Napolitano, 2^a edição, Addison-Presley, Publishing co, 2013. Quantum Mechanics, E. Merzbacher, John Wiley & Sons, inc., 3rd edition, 1998. Quantum Mechanics, Concepts and Applications, N. Zettilli, John Wiley & Sons, inc., 2nd edition, 2011. Mecânica Quântica, A. F. R. de Toledo Piza, Edusp, 2002.

FF-203/2025 – Mecânica Estatística

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 4-0-0-8. **Ementa:** 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, paraelectricidade 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-204/2025 - Eletrodinâmica I

Requisito recomendado: FF-200. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 4-0-0-6. **Ementa:** 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^a ed., John Wiley, New York, 1975; PANOFSKY, W. K. H.; PHILLIPS, M., Classical Electricity and Magnetism. 2^a ed., Addison-Wesley, Reading, 1962.

FF-207/2025 - Mecânica Analítica

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 4-0-0-8. **Ementa:** 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-209/2025 Fundamentos da Computação Quântica / Fundamentals of Quantum Computing

Requisito recomendado: Álgebra linear e aplicações. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-4. **Ementa:** Uma introdução à computação quântica. Uma breve introdução à mecânica quântica, incluindo superposição, emaranhamento, interferência e paralelismo. Cbits, Qbits e o vetor Bloch. Circuitos quânticos. Teletransporte quântico. Algoritmo de Deutsch, Algoritmo de Deutsch-Josza, o problema de Bernstein-Vazirani. Portões quânticos universais. Uma breve introdução à Ciência da Computação. Transformada quântica de Fourier. Estimativa de fase. Determinação do período e o algoritmo de Simon. Teoria dos Números. Determinação de períodos, algoritmo de Shor e quebra de criptografia RSA. Transmons. Pesquisa quântica não estruturada e o Algoritmo de Grover. Correção de erros quânticos. **Syllabus:** An introduction to quantum computing. A brief introduction to quantum mechanics, including superposition, entanglement, interference, and parallelism. Cbits, Qbits, and the Bloch vector. Quantum circuits. Quantum teleportation. Deutsch Algorithm, Deutsch-Josza Algorithm, the Bernstein-Vazirani problem. Universal quantum gates. A brief introduction to computer Science. Quantum fourier transform. Phase estimation. Period-finding and Simon's algorithm. Number theory. Order-finding, Shor's algorithm, and breaking RSA encryption. Transmons. Unstructured quantum search and Grover's Algorithm. Quantum error correction. **Bibliografia:** Michael A. Nielsen and Isaac L. Chuang, Quantum Computation and Quantum Information, Cambridge university press, NY, 2020. 978-1-107-00217-3; N. David Mermin, Quantum Computer Science: an Introduction. Cambridge university press, NY, 2016. 978-0-521-87658-2; Modern Quantum Mechanics, J.J. Sakurai e Jim Napolitano, 2^a edição, Addison-Presley, Publishing co, 2013.

FF-212/2025 – Métodos Computacionais de Física

Requisito recomendado: Curso equivalente a FF-200. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 4-0-0-8. **Ementa:** 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. SOULIÉ, J., The C++ Tutorial, <http://www.cplusplus.com/files/tutorial.pdf>.

FF-213/2025 – Processamento de materiais por plasma para aplicação/ Plasma processing of materials for biomedical applications

Requisito recomendado: Descargas Elétricas e Plasmas I. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-1-4. **Ementa:** Fundamentos e aplicações: Descarga elétrica em gases. Geração do plasma. Arquitetura do plasma. Bainha catódica. Curva; Definição de temperatura eletrônica e temperatura do plasma; Definição de plasma frio e plasma térmico; Produção de plasma frio em baixa pressão. Descarga DC. Descarga DC pulsada. Interação plasma - superfície. Tratamento termoquímico auxiliado por plasma aplicados em dispositivos biomédicos. Descarga em cátodo oco. Descarga em campos magnéticos.

Deposição de vapor químico intensificado por plasma (PECVD). Deposição de filmes finos para aplicações biomédicas. Produção de plasma frio em pressão atmosférica (DBD, Gliding Arc, microondas). Oxidação por plasma eletrolítico (PEO). Configurações de aplicação do plasma frio. Aplicações biomédicas de plasma frio atmosférico. Aulas práticas: Diagnóstico do plasma por espectroscopia de emissão óptica e sonda de Langmuir. Nitretação a plasma e caracterização de um implante de titânio. Deposição e caracterização de um filme de DLC (Diamond-like carbon). Comparaçao da nitretação por descarga DC, Pulsada e Gaiola catódica. Comparaçao da aplicação direta e indireta do plasma na degradação de corantes. Modificação por plasma da molhabilidade de superfícies sólidas. Modificação por plasma de líquidos. **Syllabus:** Fundamentals and applications: Electrical discharge in gases. Plasma generation. Plasma architecture. Cathode sheath. Curve; Definition of electronic temperature and plasma temperature; Definition of cold plasma and thermal plasma; Cold plasma production at low pressure. DC discharge. Pulsed DC discharge. Plasma - surface interaction. Plasma-assisted thermochemical treatment applied to biomedical devices. Hollow cathode discharge. Discharge in magnetic fields. Plasma enhanced chemical vapor deposition (PECVD). Deposition of thin films for biomedical applications. Cold plasma production at atmospheric pressure (DBD, Gliding Arc, microwave). Plasma electrolytic oxidation (PEO). Cold plasma application settings. Biomedical applications of atmospheric cold plasma. Practical classes: Plasma diagnosis using optical emission spectroscopy and Langmuir probe. Plasma nitridation and characterization of a titanium implant. Deposition and characterization of a DLC (Diamond-like carbon) film. Comparison of nitridation by DC, Pulsed and Cathode cage discharge. Comparison of direct and indirect application of plasma in dye degradation. Plasma modification of the wettability of solid surfaces. Plasma modification of liquids.

Bibliografia: Alves, C. (2001). Nitretação a plasma: Fundamentos e Aplicações. Natal: EDUFRN, 1–108; Kumar, A. et al. (2022). Direct and Indirect Treatment of Organic Dye (Acid Blue 25) Solutions by Using Cold Atmospheric Plasma Jet. *Frontiers in Physics*, 10; Kumar, A. et al. (2022). Direct and Indirect Treatment of Organic Dye (Acid Blue 25) Solutions by Using Cold Atmospheric Plasma Jet. *Frontiers in Physics*, 10; Rossi, F., Kylián, O., Rauscher, H., Gilliland, D., & Sirghi, L. (2008). Use of a lowpressure plasma discharge for the decontamination and sterilization of medical devices. *Pure and Applied Chemistry*, 80(9), 1939–1951; Bárdos, L., & Baránková, H. (2010). Cold atmospheric plasma: Sources, processes, and applications. *Thin Solid Films*, 518(23), 6705–6713; Bruggeman, P. J. et al. (2016). Plasma-liquid interactions: A review and roadmap, *Plasma Sources Science and Technology*, 25(5), 053002,59pp

FF-219/2025 – Nanofotônica Quântica/ Quantum nanophotonics

Requisito recomendado:FF-202, FF-204. Requisito exigido:FF-201. Horas semanais:4-0-0-6.

Ementa: Equações de Maxwell, Funções de Green diádicas, Decomposição em campo próximo, médio e distante, Representação angular, Expansão em Multipolos, Interação dipolo-dipolo, Radiação, Resposta Linear, Relações constitutivas, Quantização do Campo Eletromagnético, Formalismo da Matriz de Densidade, Emissores Quânticos, Detectores de Fótons Únicos, Conversão Paramétrica Descendente, Informação Quântica, Criptografia Quântica. **Syllabus:** Maxwell's equations, Dyadic Green's functions, Decomposition in near, mid and far fields, Angular representation, Expansion in Multipoles, Dipole-dipole interaction, Radiation, Linear Response, Constitutive relations, Quantization of the Electromagnetic Field, Density Matrix Formalism, Quantum Emitters, Single Photon Detectors, Parametric Down Conversion, Quantum Information, Quantum Cryptography

Bibliografia: Quantum Theory of Near-Field Electrodynamics, Keller, O., Springer Science & Business Media, 2012; Principle of Nano-Optics, Novotny, L., Hecht, B., Cambridge university press 2012.; Quantum Optics, Garrison, John; Chiao, R. OUP Oxford (2008).

FF-220/2025 – Introdução a Teoria da Pertubação de Muitos Corpos para Excitações Eletrônicas/ Introduction to Many-Body Perturbation Theory for Electronic Excitations

Requisito recomendado: FQ-290, FF-281. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 1-1-0-4. **Ementa:** Introdução às excitações eletrônicas e propriedades ópticas de sólidos. Técnicas experimentais: optical absorption, electronic energy loss spectroscopy (EELS), e photo-emission (direct or inverse). Limitações da teoria do funcional da densidade (DFT - density-functional theory) para estados excitados. Teoria da função de Green e o método GW. Implementações computacionais do esquema DFT-GW. Cálculos de propriedades em estados excitados para sólidos. Comparação entre resultados experimentais e teóricos. Análise dos efeitos excitônicos e introdução à equação de Bethe-Salpeter: Ferramentas de código aberto e comerciais para simulações DFT-GW. Estudos de caso: aplicações do método DFT-GW em materiais específicos. **Syllabus:** Introduction to electronic excitations and optical properties of solids. Experimental techniques: Optical absorption, Electronic Energy Loss Spectroscopy (EELS), and Photo-emission (direct or inverse). Limitations of Density-Functional Theory (DFT) for excited states. Green's Function Theory and the GW method. Computational implementations of the DFT-GW scheme. Calculations of properties in excited states for solids. Comparison between experimental and theoretical results. Analysis of excitonic effects and introduction to the Bethe-Salpeter equation: Open-source and commercial tools for DFT-GW simulations. Case studies: Applications of the DFT-GW method in specific materials. **Bibliografia:** HEDIN, L. New method for calculating the one-particle green's function with application to the electron-gas problem. Physical Review, v. 139, n. 3A, p. A796–A823, 1965; BECHSTEDT, F. Many-Body Approach to Electronic Excitations, Springer Verlag, 2015. FETTER, A. L., & WALECKA, J. D. Quantum Theory of Many-Particle Systems. McGraw-Hill, 1971.

FF-230/2025 – Introdução à Teoria da Relatividade Geral

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. **Ementa:** 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-231/2025 – Tópicos de Cosmologia

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: FF-230. Horas semanais: 3-0-0-6. **Ementa:** 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 deteção 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-235/2025 - Teoria Quântica de Campos I

Requisito recomendado: FF-202. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 4-0-0-8.

Ementa: 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-176 Hill, 1980; MANDL, L.; RYDER, H. Quantum field theory, 2nd Edition. Cambridge: University Press, 1996.

FF-236/2025 - Teoria Quântica de Campos II

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: FF-235. Horas semanais: 4-0-0-8.

Ementa: 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-253/2025 – Introdução à Mecânica Quântica

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

Ementa: 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-261/2025 - Física de Plasmas I

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 4-0-0-8.

Ementa: 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. Oxford: Pergamon Press, 1988; CHEN, F. F., Introduction to plasma physics. Plenum US, 1984.

FF-264/2025 - Descargas Elétricas e Plasmas I

Requisito recomendado: FF-204 ou FF-261. Requisito exigido: Não há. Horas semanais:

3-0-0-6. **Ementa:** 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-276/2025 -Mecânica Estatística Clássica de não-Equilíbrio/Classical Nonequilibrium Statistical Mechanics

Requisito recomendado: FF-203 Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 4-0-0-8.

Ementa: Sistemas macroscópicos e microscópicos. Estados, funções dinâmicas e evolução. O hamiltoniano e o liouvilliano de um sistema de partículas interagentes. Formalismo geral da mecânica estatística: Física macroscópica e física microscópica. Equação de Liouville. Estados de equilíbrio. Funções de distribuição reduzida e funções de correlação: classificação das funções dinâmicas. Funções de distribuição reduzida. Hierarquia BBGKY. Evolução da hierarquia das funções de correlação irreduutíveis. Sistema fracamente acoplado: Aproximação de campo médio. Equação de Vlasov. Sistema fracamente acoplado: equação cinética de Landau. Equação cinética para a aproximação do gás diluído: Equação de Boltzmann. Equação cinética para a aproximação de um plasma completamente ionizado: equação de Lenard-Balescu. Propriedades das equações cinéticas: conceito de equação cinética. Natureza do processo colisional. Equações estocásticas de evolução. Irreversibilidade e entropia. Hidrodinâmica e Transporte: Grandezas hidrodinâmicas. Equações hidrodinâmicas de balanço. Difusão e condução de calor. Técnica da expansão em momentos hermitianos: equações de transporte, coeficientes de transporte, entropia e transporte. **Syllabus:** Macroscopic and microscopic systems. States, dynamical functions, and evolution. The Hamiltonian and the Liouvillian of a system of interacting particles. General formalism of statistical mechanics: Macroscopic physics and microscopic physics. Liouville's equation. Equilibrium states. Reduced distribution functions and correlation functions: classification of dynamical functions. Reduced distribution functions. BBGKY hierarchy. Evolution of the hierarchy of irreducible correlation functions. Weakly coupled system: mean field approximation. Vlasov equation. Weakly coupled system: Landau kinetic equation. Kinetic equation for the dilute gas approximation: Boltzmann equation. Kinetic equation for the fully ionized plasma approximation: Lenard-Balescu equation. Properties of kinetic equations: concept of a kinetic equation. Nature of the collisional process. Stochastic evolution equations. Irreversibility and entropy. Hydrodynamics and Transport: Hydrodynamic quantities. Hydrodynamic balance equations. Diffusion and heat conduction. Hermitian moment expansion technique: transport equations, transport coefficients, entropy and transport. **Bibliografia:** Balescu, R., Equilibrium and Nonequilibrium Statistical Mechanics. Wiley-Interscience Publication, 1995; Balescu, R., Statistical Dynamics. Imperial College Press,

1977; Balescu, R., *Transport Processes in Plasmas. Classical Transport*, Vol. 1. Elsevier Science Publishers B. V., 1988.

FF-281/2025 - Física do Estado Sólido I

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: FF-201 ou FF-253. Horas semanais: 3-0-0-6. **Ementa:** Coesão Cristalina. Estruturas Cristalinas. Rede Recíproca. Difração de Raios-X. Elétrons em sólidos: gás de elétrons livres, teorema de Bloch, A equação central. Modelo de elétron quase-livre. Modelo “tight-binding”. Vibrações cristalinas: Vibrações clássicas, aproximação harmônica, modos normais; Quantização (fônon); Propriedades térmicas, modelos de Einstein e Debye; Expansão térmica. Semicondutores: Propriedades eletrônicas e óticas; Éxitons; Dopagem, impurezas doadoras e aceitadoras, modelo hidrogenóide. Propriedades Magnéticas dos Sólidos. **Bibliografia:** KITELL, C., *Introduction to solid physics*. 5th Ed. New York, John Wiley & Sons, 1979; ASCHCROFT N. W. and MERMIN N. D. – *Solid State Physics*, Saunders College Philadelphia, 1976; MARDER, M. P. - *Condensed Matter Physics*, Wiley, 2^a ed. 2010

FF-283/2025 Física de Muitos Corpos I / Many-Body Physics I

Requisito recomendado: FF-202. Requisito exigido: FF-201. Horas semanais: 4-0-0-6. **Ementa:** Segunda quantização. Funções de Green. Representação de Lehmann. Teorema de Wick. Diagramas de Feynman. Equações de Dyson. Aproximação de Hartree-Fock. Função dielétrica e RPA. Equação de Bethe-Salpeter e aproximação de escada. Resposta linear e modos coletivos. Interação elétron-fônon. Interação luz-matéria. Equações semicondutores de Bloch. Óptica de semicondutores. Equações de Hedin. Aproximação GW. **Syllabus:** Second quantization. Green's functions. Lehmann representation. Wick's theorem. Feynman Diagrams. Dyson's equations. Hartree-Fock approximation. Dielectric function and RPA. Bethe-Salpeter equation and ladder approximation. Linear response and collective modes. Electron-phonon interaction. Light-matter interaction. Semiconductor Bloch equations. Semiconductor optics. Hedin equations. GW approximation. **Bibliografia:** FETTER, A. L., WALECKA J. D.-*Quantum Theory of Many-Particle Systems*, New York, Dover publications (2002); KIRA, M. KOCH, W. S.-*Semiconductor Quantum Optics*. Cambridge, Cambridge University Press (2012); BECHSTEDT, F.-*Many-Body Approach to Electronic Excitations*, Berlim, Springer-Verlag Berlin Heidelberg (2015).

FF-287/2025 Física de Semicondutores / Semiconductor Physics

Requisito recomendado: FF-281. Requisito exigido: FF-201. Horas semanais: 3-0-0-6. **Ementa:** Revisão dos conceitos de Física do Estado Sólido: estrutura cristalina, rede de Bravais, rede recíproca. Estrutura de Bandas: elétrons na presença de um potencial periódico, modelo da rede vazia e do elétron quase-livre, massa efetiva de elétrons e buracos, métodos para obtenção da estrutura de bandas: método k.p, tight-binding, Hartree-Fock, DFT. Funcionais de troca e correlação. Ligas Semicondutores: estatística de ligas e diagramas de fase – modelos analíticos, expansão em clusters, método Monte Carlo, análise de estabilidade. Propriedades ópticas: eletrodinâmica macroscópica, a função dielétrica, éxitons, fônon-polariton, Absorção Associada a Elétrons Extrínsecos, Espectroscopia de Modulação, Espectroscopias de Emissão, Espectroscopias de Espalhamento de Luz. **Syllabus:** Review of Solid State Physics concepts: crystal structure, Bravais lattice, reciprocal lattice. Band Structure: electrons in the presence of a periodic potential, empty lattice and quasi-free electron model, effective mass of electrons and holes, methods for obtaining band structure: k.p method, tight-binding, Hartree-Fock, DFT. Exchange and

correlation functionals. Semiconductor Alloys: alloy statistics and phase diagrams – analytical models, cluster expansion, Monte Carlo method, stability analysis. Optical properties: macroscopic electrodynamics, the dielectric function, excitons, phonon-polaritons and Lattice Absorption, Absorption Associated with Extrinsic Electrons, Modulation Spectroscopy, Emission Spectroscopies, Light Scattering Spectroscopies.

Bibliografia: Fundamentals of Semiconductors – Peter Yu and Manuel Cardona – 4th Edition Springer (2010).; Electronic and Optoelectronic Properties of Semiconductor Structures – J. Singh. 1st Edition – Cambridge University Press (2003).; Fundamentals of Semiconductor Physics and Devices – Rold Enderlein and Norman J Horing – 1st edition World Scientific (1997).

FF-291/2025- Introdução à Espectroscopia Raman/Introductory Raman Spectroscopy

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

Ementa: Teoria Básica: Backgound histórico; Vibração de uma molécula diatômica; Origem do espectro Raman; Fatores que determinam as frequências vibracionais; Raman vs IR; Conceitos de simetria; Classificação de vibrações normais por simetria; Espectro de Raman ressonante; Vibrações normais em um cristal; Regras de seleção para sólidos; Espectro de Raman polarizado para um monocrystal. Instrumentação e Técnicas experimentais: Principais componentes; Fontes de excitação; Iluminador da amostra; Monocromador; Detector; Calibração instrumental; Amostras; Problemas com Fluorescência. Aplicações: Bioquímica, biologia e medicina; Estado sólido; Industrial.

Syllabus: Basic Theory: Historical Backgound; Vibration of a diatomic molecule; Origin of the Raman spectrum; Factors that determine vibrational frequencies; Raman vs IR; Symmetry concepts; Classification of normal vibrations by symmetry; Resonant Raman spectrum; Normal vibrations in a crystal; Selection rules for solids; Raman spectrum polarized to a single crystal. Instrumentation and Experimental Techniques: Main components; sources of excitement; Sample illuminator; Monochromator; Detector; Instrumental calibration; Samples; Problems with Fluorescence. Applications: Biochemistry, biology and medicine; Solid state; Industrial. **Bibliografia:** J.R. Ferraro, K. Nakamoto, C.W. Brown, Introductory Raman spectroscopy, Elsevier Science, San Diego, 2002. B. Schrader, Infrared and Raman Spectroscopy, Method and Applications, VCH, Weinheim, 1996. doi:10.1016/0924-2031(00)00065-5. P.J. Larkin, Infrared and Raman Spectroscopy, Elsevier, 2011. doi:10.1016/C2010-0-68479-3.

FF-292/2025 – Quarks e Hádrons

Requisito recomendado: FF-201. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 4-0-0-4.

Ementa: Propriedades dos Hádrons: números quânticos, isospin e estranheza. Representações irreduzíveis 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 píon. 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, 1^a ed., 1984; BHADURI, R. K., Models of the nucleon, Addison-Wesley, 1^a ed., 1988; WALECKA, J. D., Theoretical and Subnuclear Physics, Oxford University Press, 1^a ed., 1995.

FF-295/2025 - Propriedades de Cristais e Difração de Raios X/ Properties of crystals and X-ray diffraction

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

Ementa: 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 amorf. **Syllabus:** Introduction to crystallography: Electromagnetic radiation and its properties. Structure of materials. Structural properties of crystals. Elements of symmetry. The crystalline state. Definition of unit cell. Positions, directions and crystallographic planes. Linear and planar density and crystalline systems. Lattice of Bravais and space groups. Coordinate transformation. X-rays and their interaction with matter. Properties, sources and radiation detectors. Polycrystal diffraction. Polycrystal diffraction pattern and polycrystal diffractometry. Instrumentation: Beam conditioning and main geometries. Sample preparation, data acquisition, data quality. Data processing and phase analysis: Preliminary data processing, crystallographic databases and phase identification and indexing. Rietveld method: fundamentals; refinement with a phase, quantitative phase analysis and quantification of amorphous material. **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; Illustrated 1a edição (2016).

FF-296/2025 – 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-298/2025 - Instrumentação em Física Espacial

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 2-1-1-8.

Ementa: 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-299/2025 - Laboratório de Descargas Elétricas e Plasmas

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

Ementa: 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-321/2025 a FF-326 - Seminário de Tese I a VI

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 1-0-0-2.

Ementa: Seminários apresentados pelos alunos de mestrado e de doutorado sobre temas direta e indiretamente relacionados às teses em desenvolvimento, assim como apresentados por especialistas visitantes sobre temas atuais de interesse geral. **Bibliografia:** a critério do professor.

FM-223/2025 – Dinâmica Não-Linear e Caos I

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

Ementa: 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-224/2025 – Dinâmica Não-Linear e Caos II

Requisito recomendado: FM-223. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6.

Ementa: 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 Systems, Springer-Verlag, New York, 1989.

FM-235/2025 - Dinâmica de Missões Espaciais Modernas

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

Ementa: 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. 4^a 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-222/2025 - Cinética Química / Chemical Kinetics

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

Ementa: 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: FROST, A. A.; PERSON, R. G. Kinetic and mechanics - a study of homogenous chemical reactions. New York: John Wiley & Sons, 1953.; MOELWYN-HUGHES, E.A. The chemical statistics and kinetics of solutions. New York: Academic Press, 1971.

FQ-223/2025 - Dinâmica Química / Chemical Dynamics

Requisito recomendado: FQ-290 (Química Quântica). Requisito exigido: FQ-222 (Cinética Química). Horas semanais: 4-0-1-5. **Ementa:** 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 semiempíricos e ab initio. Teoria 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, molecularity and order of reactions, Arrhenius equation and activation energy. Potential energy surfaces: surfaces obtained by semi-empirical and ab initio methods. Statistical theory of reaction rates: transition state theory and RRKM theory. Molecular dynamics: kinetic 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, 1998. LAIDLER, K. J. Chemical Kinetics, New York, Harper & Row, 1987; FERNANDEZ-RAMOS, A., E.; ELLINGTON, B.A.; GARRETT, B. C.; TRUHLAR, Reviews in Computational Chemistry, v. 23, 125, 2007.

FQ-290/2025 - Química Quântica I / Quantum Chemistry I

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. **Ementa:** Princípios da Mecânica Quântica (Espectro do átomo de hidrogênio, radiação do corpo negro, efeito fotoelétrico, formula de Rydberg, Bohr, 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, Bohr, 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:** McQUARRIE, D. A. Quantum Chemistry. University Science Books, 2008.; HOLLAUER, E. Química Quântica. LTC, Rio de Janeiro, 2008.; LEVINE, I. N. Quantum Chemistry. 4a edição, Prentice Hall, 1991.

FQ-291/2025 – 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. **Ementa:** 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:** McQuarrie, D. A. Quantum Chemistry. 2nd ed. University Science Books,

2008.; Morgan, N. H. e Coutinho, K. Métodos de Química Teórica e Modelagem Molecular. Livraria da Física, 2007. ; Jensen, F. Introduction to Computational Chemistry. 2nd ed. Wiley, 2007.

MT-201/2025 - Fundamentos da Engenharia dos Materiais

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

Ementa: 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-203/2025 - Ciência e Tecnologia de Filmes Finos / Thin Film Science and Technology

Requisito recomendado: FF-299. Requisito exigido: MT-201 ou equivalente. Horas semanais: 3-0-0-4. **Ementa:** 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. **Syllabus:** 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:** SMITH, D. L. Thin Film Deposition: Principles and Practice. Boston: McGraw-Hill Inc., 1995.; SESHAN, K. Handbook of Thin Film Deposition: Processes and Technologies. Noerwich: Noyes Publications, 2002.; OHRING, M. Materials Science of Thin Films. 2nd. ed. [s.l.] Academic Press, 2001.

TE-225/2025 – Lasers I – Princípios Físicos / Lasers I - Physical Principles

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

Ementa: 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:** SVELTO. O., Principles of lasers. 5

ed. New York: Springer US, 2010.; SIEGMAN, A. E., Lasers. Mill Valley: University Science Books, 1986.

7 CIÊNCIAS E TECNOLOGIAS ESPACIAIS (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 PG/CTE é um programa por Associação Parcial de IES (CAPES), fruto da parceira 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.

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.

7.1 Áreas de Concentração e Linhas de Pesquisa

As atividades de ensino e pesquisa do PG-CTE encontram-se agrupadas nas áreas de concentração e linhas de pesquisa listadas a seguir.

Sistemas Espaciais, Ensaios e Lançamentos (CTE-E)

- Integração, Ensaios e Lançamentos
- Tecnologias de Materiais para o Setor Espacial

- Meteorologia aeroespacial
- Engenharia de Sistemas
- Estruturas e Aeroelasticidade
- Aerodinâmica

Física e Matemática Aplicadas (CTE-F)

- Plasmas e Aplicações
- Lasers e Aplicações
- Matemática Aplicada e Modelagem Computacional
- Efeitos da radiação ionizante

Gestão Tecnológica (CTE-G)

- Métodos Quantitativos de Apoio à Decisão
- Análise Operacional e Engenharia Logística
- Gestão em Engenharia e Tecnologia
- Teoria e Desenvolvimento de Sistemas Complexo

Propulsão Espacial e Hipersônica (CTE-P)

- Aerotermodynâmica e Hipersônica
- Adição de Energia por Radiação Eletromagnética
- Propulsão Hipersônica
- Propulsão Nuclear

Química dos Materiais (CTE-Q)

- Síntese, caracterização e avaliação de materiais e nanomateriais
- Eletroquímica e Corrosão
- Materiais Energéticos
- Química Computacional

Sensores e Atuadores Espaciais (CTE-S)

- Materiais avançados para sensores e metamateriais
- Micro- e Nano-dispositivos
- Dispositivos e Sistemas Avançados para Aplicações Aeroespaciais

7.2 Coordenador e Representantes de Área

Coordenador do CTE	Francisco Bolivar Correto Machado
Representante do CTE-E	Silvana Navarro Cassu
Representante do CTE-F	Maurício Tizziani Pazianotto
Representante do CTE-G	Moacyr Machado Cardoso Júnior
Representante do CTE-P	Francisco Bolivar Correto Machado

7.3 Corpo Docente

7.3.1 Corpo Docente Permanente

Adilson Marques da Cunha, CTE-E

Ciência da Computação com ênfase em Engenharia de Software, atuando principalmente, nas seguintes áreas de conhecimento: Engenharia de Software, Qualidade, Confiabilidade e Segurança de Software; e Ferramentas; Teste de Software; e Comunicação, Navegação e Vigilância para Gerenciamento de Tráfego Aéreo; Engenharia da Informação e Engenharia do Conhecimento, Aplicações de Inteligência Artificial.

(e-mail: adilson.cunha@gp.ita.br)

Alison de Oliveira Moraes, CTE-E

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@gp.ita.br)

Alvaro José Damião, CTE-F

Física, com ênfase em Óptica, IEAv/DCTA

(e-mail: alvdamiao@terra.com.br)

André Esteves Nogueira, CTE-Q

Físico-Química, com enfoque em síntese e caracterização de nanomateriais, catálise, e fotocatálise, com aplicações em processos como a fotorredução de CO₂, Water Splitting e processos oxidativos avançados.

(e-mail: andre.nogueira@gp.ita.br)

Angelo Passaro, CTE-P

Sensores e Atuadores Espaciais, IEAv/DCTA

(e-mail: angelo.passaro@gp.ita.br)

Antonio Carlos da Cunha Migliano, CTE-S

Materiais Magnéticos, Teoria Eletromagnética, Micro-ondas, Propagação de Ondas, Compatibilidade Eletromagnética (EMC/EMI), IEAv/DCTA

(e-mail: antonio.migliano@gp.ita.br)

Carlos d'Andrade Souto, CTE-E

Engenharia Mecânica e Aeroespacial, com ênfase em Mecânica Computacional, IAE/DCTA

(e-mail: soutocds@fab.mil.br)

Cayo Prado Fernandes Francisco, CTE-E

(e-mail: cayo.francisco@gp.ita.br)

Claudio Antonio Federico, CTE-F

Física, com ênfase em Instrumentação para medida de dose de radiação ionizante, IEAv/DCTA.

(e-mail: claudio.federico@gp.ita.br)

Christopher Shneider Cerqueira, CTE-E

Fundamentos da Programação Organização e Arquitetura de Computadores Tópicos especiais em Inteligência Artificial 1 Tópicos especiais em Inteligência Artificial.

(e-mail: christopher.cerqueira@gp.ita.br)

Deborah Dibbern Brunelli, CTE-Q

Química, com ênfase em Química de Sistemas Poliméricos, ITA/DCTA

(e-mail: deborah.brunelli@gp.ita.br)

Dermeval Carinhana Junior, CTE-P

Diagnóstico de plasmas, hipersônica e aerotermodinâmica, IEAv/DCTA

(e-mail: dermeval.junior@gp.ita.br)

Douglas Henrique Pereira, CTE-Q

Química Teórica, métodos compostos adaptados a pseudopotenciais, mecanismos reacionais e cálculos de propriedades termodinâmicas.

(e-mail: douglas.pereira@gp.ita.br)

Elcio Hideiti Shiguemori, CTE-S

Inteligência Artificial, Aprendizagem de Máquina, Ciência dos Dados, Navegação Aérea Autônoma, Processamento de Imagens e Visão Computacional.

(e-mail: elcio.shiguemori@gp.ita.br)

Elizabete Yoshie Kawachi, CTE-Q

Química, com ênfase em Materiais e Sistemas coloidais, ITA/DCTA.

(e-mail: elizabete.kawachi@gp.ita.br)

Elizabeth da Costa Mattos, CTE-Q

Engenharia Química, com ênfase em Processos Orgânicos e Materiais Energéticos, IAE/DCTA

(e-mail: elizabeth.mattos@gp.ita.br)

Emerson Sarmento Gonçalves, CTE-Q

Engenharia Química, com ênfase em Físico-Química, IAE/DCTA

(e-mail: emerson.goncalves@gp.ita.br)

Fernando Teixeira Mendes Abrahão, CTE-G

Meta-Heuristica; programação da manutenção; Ant Colony Optimization.

(e-mail: fernando.abrahao@gp.ita.br)

Francisco Bolivar Correto Machado, CTE-Q

Química, com ênfase em Reatividade; Dinâmica Química; Reações em Superfícies; Espectroscopia; Química Computacional.

(e-mail: francisco.machado@gp.ita.br)

Francisco Carlos Parquet Bizarria, CTE-E

Distribuição de Energia, Esquemas de Aterramento, Sistemas de Potência.
(e-mail: fcpbiz@gmail.com)

Francisco Cristóvão Lourenço de Melo, CTE-G

Materiais para aplicação aeroespacial, IAE/DCTA
(e-mail: francisco.melo@gp.ita.br)

Geilson Loureiro, CTE-E

Desenvolvimento de sistemas de informação; engenharia de sistemas; desenvolvimento integrado de produtos complexos; processamento digital de sinais; desenvolvimento integrado de soluções de engenharia complexa.

(e-mail: geilson.loureiro@gmail.com)

Getulio de Vasconcelos, CTE-F

Física, com ênfase em Instrumentação Específica de Uso Geral em Física, IEAv/DCTA
(e-mail: getuliovas@gmail.com)

Guilherme Borges Ribeiro, CTE-P

Engenharia Mecânica e Nuclear, com ênfase em Engenharia Térmica, atuando em escoamento e transferência de calor em equipamentos e ciclos de refrigeração, termohidráulica de reatores nucleares, ciclos térmicos para propulsão nuclear e análise de segurança de reatores nucleares rápidos e térmicos.

(e-mail: guilherme.ribeiro@gp.ita.br)

Gustavo Soares Vieira, CTE-S

Física, com ênfase em Semicodutores, IEAv/DCTA
(e-mail: gustavo.vieira@gp.ita.br)

Henrique Costa Marques, CTE-G

Simulação, comando e controle, operações conjuntas, fusão de dados em alto nível e Ontologias probabilísticas.
(e-mail: henrique.marques@gp.ita.br)

Humberto Araújo Machado, CTE-E

Engenharia Mecânica, com ênfase em ciências térmicas, atuando principalmente nos seguintes temas: métodos numéricos, aerotermofluidodinâmica e convecção interna.
(e-mail: humbertoham@fab.mil.br)

Inácio Malmonge Martin, CTE-F

Geociências, com ênfase em Geofísica, Aeronomia e Geomagnetismo
(e-mail: inacio.martin@gp.ita.br)

João Luiz Filgueiras de Azevedo, CTE-E

Engenharia Aeroespacial, com ênfase em Aerodinâmica e Aeroelasticidade, ITA/DCTA.
(e-mail: joao.azevedo@gp.ita.br)

João Marcos Salvi Sakamoto, CTE-S

Sensores ópticos, sensores em fibras ópticas, lasers, interferometria óptica e ultrassom a laser.

(e-mail: joao.sakamoto@gp.ita.br)

Johnny Cardoso Marques, CTE-E

Certificação de software embarcado, definição de processos de desenvolvimento de software embarcado, uso de software embarcado em plataformas de aeronaves civis e militares.

(e-mail: johnny.marques@gp.ita.br)

Jonas Jakutis Neto, CTE-F

Engenharia Elétrica, com ênfase em Materiais e Componentes Semicondutores, assim como em óptica e lasers, ênfase em Lasers de Estado Sólido.

(e-mail: jonas.jakutis@gp.ita.br)

Jorge Carlos Narciso Dutra, CTE-Q

Engenharia Química e de materiais, com ênfase em Polímeros, ITA/DCTA

(e-mail: jorge@ita.br)

José Atílio Fritz Fidel Rocco, CTE-Q

Engenharia Aeroespacial, com ênfase em Materiais Energéticos, ITA/DCTA

(e-mail: jose.fritz@gp.ita.br)

Koshun Iha, CTE-Q

Propelentes Sólidos; Líquidos e Híbridos; Pirotecnia; Explosivos; Adsorção.

(e-mail: koshun@ita.br)

Lamartine Nogueira Frutuoso Guimarães, CTE-P

Engenharia Nuclear, com ênfase em Simulacao Dinâmica de Sistemas e Processos, IEAv/DCTA

(e-mail: lamartine.guimaraes@gp.ita.br)

Leonardo Tsuyoshi Ueno, CTE-Q

Catalisadores organometálicos, fotocatalisadores, clusters

(e-mail: leonardo.ueno@gp.ita.br)

Luciana De Simone Cividanes Coppio, CTE-Q

Engenharia Aeronáutica e Mecânica, com ênfase em Materiais Compósitos.

(e-mail: luciana.coppio@gp.ita.br)

Luis Eduardo Vergueiro Loures da Costa, CTE-G

Cubesats, microsatélites, foguetes lançadores de satélites, satélites de reentrada atmosférica, gerenciamento de projetos, engenharia de sistemas, estruturas bobinadas, vasos de pressão, motor de apogeu e estruturas em fibra de carbono.

(e-mail: luis.loures@gp.ita.br)

Luiz Claudio Pardini, CTE-E

Materiais Compósitos- ITA/DCTA.

(e-mail: pardini.dcta@gmail.com)

Luiz Fernando de Araujo Ferrão, CTE-Q
Físico-química, Química Quântica, Materiais Energéticos, ITA/DCTA.
(e-mail: luiz.ferrao@gp.ita.br)

Marcos Antonio Ruggieri Franco, CTE-S
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.franc@gp.ita.br)

Mauricio Ribeiro Baldan, CTE-Q
Engenharia Aeroespacial, com ênfase em Materiais e Processos para Engenharia Aeronáutica e Aeroespacial, INPE.
(e-mail: mauricio.baldan@inpe.br)

Mauricio Tizziani Pazianotto, CTE-F
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: mauricio.pazianotto@gp.ita.br)

Milton Sergio Fernandes de Lima, CTE-F
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/DCT.
(e-mail: milton.lima@gp.ita.br)

Mischel Carmen Neyra Belderrain, CTE-G
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: mischel.carmen@gp.ita.br)

Moacyr Machado Cardoso Júnior, CTE-G
Análise de Riscos, Métodos Quantitativos aplicados aos Riscos Tecnológicos e Engenharia de Fatores Humanos.
(e-mail: moacyr.cardoso@gp.ita.br)

Nissia Carvalho Rosa Bergiante, CTE-G
Pesquisa Operacional e Gestão de Operações, Melhoria de Processos, Arranjo Físico, Logística e Produção Enxuta.
(e-mail: nissiabergiante@id.uff.br)

Odair Lelis Gonçalez, CTE-F
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, CTE-S

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.coutinho@gp.ita.br)

Orlando Roberto Neto, CTE-P

Química, com ênfase em Físico-Química, IEAv/DCTA.
(e-mail: orlando.neto@gp.ita.br)

Paulo Gilberto de Paula Toro, CTE-P

Propulsão Espacial e Hipersônica, IEAv/DCTA
(e-mail: toro11pt@gmail.com)

Rita de Cassia Lazzarini Dutra, CTE-Q

Química, com ênfase em caracterização de polímeros por FT-IR, ITA/DCTA.
(e-mail: ritalazzarini@yahoo.com.br)

Rogério Pirk, CTE-E

Sistemas Espaciais, Ensaios e Lançamentos, IAE
(e-mail: rogerio.pirk@iae.cta.br)

Silvana Navarro Cassu, CTE-E

Materiais poliméricos visando sua aplicação em veículos lançadores de satélites e veículos de sondagem; nanocompósitos e compósitos poliméricos; materiais híbridos organo-inorgânicos; blendas e adesivos, com ênfase em caracterização espectroscópica e térmica, IAE/DCTA
(e-mail: silvana.cassu@gp.ita.br)

Vilson Rosa de Almeida, CTE-S

Fotônica e de Engenharia Elétrica, com ênfase em Óptica Integrada, Teoria Eletromagnética e Propagação de Ondas.
(e-mail: vilson.almeida@gp.ita.br)

Vinicius André Rodrigues Henriques, CTE-E

Metalurgia do pó, Ligas de titânio, Implantes, Biocompatibilidade, Caracterização Microestrutural e Sinterização
(e-mail: viniciusvarh@fab.mil.br)

Vinicius Del Colle, CTE-Q

Eletroquímica com ênfase em eletrocatalise
(e-mail: vinicius.delcolle@gp.ita.br)

7.3.2 Corpo Docente Colaborador

Carlos Henrique Netto Lahoz, CTE-E

Ciências da Computação, com ênfase em Engenharia de Software.
(e-mail: carlos.lahoz@gp.ita.br)

Fábio Henrique Eugênio Ribeiro, CTE-P

Simulação numérica de veículos hipersônicos e combustão supersônica,
(e-mail: henriquefher@fab.mil.br)

Fausto Batista Mendonça, CTE-Q

Dinâmica de Estruturas e efeito de onda de choque de explosão, alvos militares, armamento aéreo, onda de choque sobre edificações, ensaios de campo de explosivos, letalidade, concreto armado, difusão de nano sílica no concreto, movimento gravitacional de massa, mapeamento de riscos geológicos e sensoriamento remoto.
(e-mail:fausto.mendonca@gp.ita.br)

Francisco Carlos Parquet Bizarria, CTE-E

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)

Guilherme Conceição Rocha, CTE-G

Engenharia de sistemas, logística, manutenção, modelagem e controle de sistemas, atuando principalmente nos domínios da aviação, indústria automobilística e setor da saúde.
(e-mail: guilherme.rocha@gp.ita.br)

Ijar Milagre da Fonseca, CTE-S

Mecatrônica, Projetos e pesquisas com foco em problemas de dinâmica e controle de espaçonaves e robótica espacial.
(e-mail: ijar@uol.com.br)

Ligia Maria Soto Urbina, CTE-G

Economia, Gestão da Inovação, Capacitação Tecnológica e Avaliação de Impactos de Capacitação em Projetos e Programas.
(e-mail: ligiaurbina11@gmail.com)

Lucas Novelino Abdala, CTE-G

(e-mail: lucas.abdala@gp.ita.br)

Luís Gustavo Ferroni Pereira, CTE-Q

Materiais Energéticos, atuando no desenvolvimento de propelentes e catalisadores para o emprego em sistemas propulsivos.
(e-mail: luis.pereira@gp.ita.br)

Priscila Correia Fernandes, CTE-F

Bioengenharia, microbiologia espacial e ensino de biologia
(e-mail: priscila.fernandes@gp.ita.br)

Rafael Humberto Mota de Siqueira, CTE-F

Processamento de materiais a laser (soldagem, tratamento de superfície e conformação) e caracterização mecânica e microestrutural
(e-mail: rhmotasiqueira@gmail.com)

Roberto Gil Annes da Silva, CTE-E

Aerodinâmica não estacionária, Aeroelasticidade, Dinâmica do voo.
(e-mail: roberto.gil@gp.ita.br).

Sheila Medeiros de Carvalho, CTE-F

Modificação da superfície de materiais para ambientes extremos, conformação mecânica, seleção de materiais, manufatura aditiva e soldagem
(e-mail: sheila_mcarvalho@yahoo.com.br)

Sueli Sampaio Damin Custódio, CTE-G

Inovação, Propriedade Intelectual, Novas Tecnologias e seus impactos. Empreendedorismo tecnológico. Política e Direito Espacial.
(e-mail: sueli.damin@gp.ita.br)

Thiago Costa Ferreira Gomes, CTE-Q

Química, com ênfase em Físico-Química, Química Teórica, Espectroscopia e Química Computacional.
(e-mail: thiago.gomes@gp.ita.br)

Valéria Serrano Faillace Oliveira Leite, CTE-P

Escoamentos hipersônicos, combustão supersônica, gerador de ar viciado, medição de fluxo de calor e escoamentos reativos
(e-mail: valeria.leite@gp.ita.br)

7.4 Disciplinas

7.4.1 Sistemas Espaciais, Ensaios e Lançamentos – PG/CTE-E

a) Disciplinas Eletivas

Sigla	Título	Crédito Máximo
AA-208	Dinâmica dos Gases&	3
AA-209	Aerodinâmica da Asa e Fuselagem no Regime Subsônico	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
CC-297	Elementos de Mecânica dos Fluídos Computacional & / Elements of Computational Fluid Mechanics &	3
CC-299	Métodos Numéricos de Alta Ordem / High Order Numerical Methods	3
CE-220	Fundamentos de Engenharia de Software	3

CE-294	Engenharia de Requisitos de Sistemas Complexos com Software	3
ET-272	Comunicações Aeronáuticas / Aeronautical Communications	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
TE-201	Análise Térmica de Veículos Espaciais e Sub-orbitais / Thermal Analysis of Space and Sub-orbital Vehicles	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-208	Simulação Direta de Escoamento Rarefeito	3
TE-210	Materiais Ablativos / Ablative Materials	3
TE-211	Dinâmica Molecular dos gases	3
TE-213	Aerodinâmica Experimental / Experimental Aerodynamics	3
TE-215	Segurança de Sistemas Aeroespaciais & / Aerospace System Safety &	3
TE-217	Introdução a Engenharia de Sistemas Aeroespaciais / Introduction to Aerospace System Engineering	3
TE-219	Engenharia Simultânea	3
TE-220	Métodos matemáticos para Engenharia Aeroespacial	3
TE-227	Design Thinking na Engenharia de Sistemas Aeroespacial	3
TE-251	Fundamentos de IA para o desenvolvimento de sistemas Aeroespaciais	3
TE-260	Metodologia da Pesquisa Científica &	3
TE-265	Engenharia de Sistemas Baseada em Modelos	2
TE-301	Seminário de Tese I / Thesis Seminar I	1
TE-302	Seminário de Tese II / Thesis Seminar II	1
TE-500	Tese	0
TE-601	Estágio Docência I	3
TE-602	Estágio Docência II	3

7.4.2 Física e Matemática Aplicadas – PG/CTE –F

a) Disciplina Eletiva

Sigla	Título	Crédito Máximo
FF-204	Eletrodinâmica I &&&	3
FF-212	Métodos Computacionais de Física	3
FF-219	Nanofotônica Quântica	3
FF-298	Instrumentação em Física Espacial	3
MT-298	Processamento Laser de Materiais II / Laser Materials Processing II	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 Laser &&& / Laser Spectroscopy &&&	3
TE-230	Seleção de Materiais de Uso Aeroespacial	3
	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-234	Física de Nêutrons no Ambiente Aeroespacial / Neutron Physics in the Aerospace Environment	3
TE-236	Técnicas Experimentais de Detecção e Dosimetria de Radiação Ionizante / Experimental Techniques for Detection and Dosimetry of Ionizing Radiation	3
TE-237	Introdução à Astrobiologia e Medicina Aeroespacial	3
TE-240	Técnicas de Caracterização dos Materiais	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		
TE-301	Seminário de Tese I / Thesis Seminar I	1
TE-302	Seminário de Tese II / Thesis Seminar II	1
TE-500	Tese	0
TF-601	Estágio Docência I	3
TF-602	Estágio Docência II	3

7.4.3 Gestão Tecnológica – PG/CTE-G

a)	Disciplinas Eletivas	Crédito Máximo
Sigla	Título	Crédito Máximo
EA-293	Projetos de Circuitos Integrados MOS em Rádio Frequência	3
MB-249	Logística no Desenvolvimento de Sistemas Complexos &&&	3
MB-251	Complexidade da Inovação	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
TE-266	Tópicos em Realidade Aumentada para Experimentos em Fatores Humanos / Topics in Augmented Reality for Experiments in Human Factors	2
TE-267	Fundamento de Confiabilidade, Disponibilidade, Manutenibilidade e Segurança	3
TE-269	Tópicos em Operador 4.0	2
TE-270	Política e Direito Espacial/ Space Policy and Law	3
TE-272	Investigação e analise de Acidentes Aeroespaciais	3
TE-274	Pesquisa Operacional aplicada a problemas de suportabilidade	3
TE-275	Modelagem e Simulação de Sistemas Aeroespaciais Complexos	3
TE-276	Introdução à Modelagem e Simulação de Defesa	3
TE-277	Programação Linear na Elicitação de pesos para problemas multicritério	1
TE-278	Introdução ao Pensamento Sistêmico	3
TE-280	Análise de Risco Laboratorial	2
TE-282	Meta-heurística &,&&&	3
TE-301	Seminário de Tese I / Thesis Seminar I	1
TE-302	Seminário de Tese II / Thesis Seminar II	1
TE-480	Tomada de Decisão Naturalista no Contexto Aeronáutico	1
TE-481	Gestão Sistêmica	1
TE-500	Tese	0
TG-601	Estágio Docência I	3
TG-602	Estágio Docência II	3

7.4.4 Propulsão Espacial e Hipersônica – PG/CTE-P

a) Disciplinas Eletivas

Sigla	Título	Crédito Máximo
FQ-223	Dinâmica Química	3
ME-200	Termodinâmica	3
TE-241	Hipersônica Fundamental / Fundamentals of Hypersonic	3
TE-242	Aerotermodinâmica Fundamental & / Fundamentals of Aerothermodynamics &	3
TE-243	Propulsão Hipersônica Aspirada I & / Hypersonic Airbreathing Propulsion I &	3
TE-244	Aerotermodinâmica Hipersônica &/ Hypersonic	3

	Aerothermodynamics &	
TE-245	Propulsão Hipersônica Aspirada II & / Hypersonic Airbreathing Propulsion II &	3
TE-246	Hipersônica Experimental &&& / Experimental Hypersonics &&&	3
TE-252	Sistemas Nucleares & / Nuclear Systems &	3
TE-253	Geração de Potência Nuclear no Espaço & / Space Nuclear Power Generation &	3
TE-255	Dinâmica de Voo e Segurança de Voo para Operações de Lançamento de Veículos Suborbitais	3
TE-260	Metodologia da Pesquisa Científica &	3
TE-282	Meta-heurística &,&&&	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-301	Seminário de Tese I / Thesis Seminar I	1
TE-302	Seminário de Tese II / Thesis Seminar II	1
TE-500	Tese	0
TP-601	Estágio Docência I	3
TP-602	Estágio Docência II	3

7.4.5 Química dos Materiais – PG/CTE-Q

a) 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-223	Dinâmica Química	3
FQ-224	Identificação de Materiais por FT-IR / Identidication of Materials by FT-IR	3
	Termoquímica e Combustão de Materiais Energéticos &&& / Thermochemistry and Combustion of Energetic Materials &&&	3
FQ-230	Conceitos de Química Orgânica, Aplicados a Materiais Energéticos / Concepts of Organic Chemistry, Applied to Energetic Materials	3
FQ-232	Química dos propelentes e suas interfaces com proteções térmicas / Chemistry of propellants and their interfaces with thermal protections	3
FQ-233	Eletroquímica Clássica	3
FQ-241	Princípios Eletroquímicos e Corrosão	3

FQ-243	Espectroscopia de Impedância Eletroquímica / Electrochemical Impedance Spectroscopy	3
FQ-246	Sistemas Eletroquímicos de Conversão de Energia	3
FQ-247	Tópicos em Células de Deionização Capacitiva para Armazenamento de Energia / Capacitive Deionization Cell Topics for Energy Storage Systems	3
FQ-249	Sistemas de Conversão/Armazenamento de Energia Eletroquímica com ênfase em Baterias/ Electrochemical Energy Conversion/Storage Systems with emphasis on Batteries	2
FQ-251	Físico-Química de Interface de Compósitos Poliméricos	3
FQ-252	Fundamentos da Ciência dos Polímeros / Fundamentals of Polymer Science	3
FQ-253	Planejamento e Otimização de Experimentos I	3
FQ-254	Estruturas e Propriedades de Polímeros / Structures and Properties of Polymers	3
FQ-260	Introdução à Química de Materiais / Introduction to Materials Chemistry&	3
FQ-263	Teoria de Grupo Aplicada à Química/ Group theory applied to chemistry	3
FQ-264	Introdução a Métodos de Síntese e de Caracterização de Materiais / Introduction to Synthesis and Characterization Methods of Materials	3
FQ-265	Química Orgânica	3
FQ-266	Introdução aos Biomateriais e Engenharia de Tecidos / Introduction to Biomaterials and Tissue Engineering	3
FQ-270	Adsorção sobre Sólidos	3
FQ-290	Química Quântica I / Quantum Chemistry I &&&	3
FQ-291	Métodos da Química Quântica Molecular / Molecular Quantum Chemistry Methods &&&	3
FQ-293	Introdução à Simulação por Dinâmica Molecular &&& / Introduction to Molecular Dynamics Simulation &&&	3
FQ-294	Introdução à Estrutura Eletrônica &&& / Introduction to Electronic Structure &&&	3
FQ-295	Caracterização de Polímeros por Análise Térmica / Characterization of Polymers by Thermal Analysis	3
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
FQ-299	Modelagem Reativa de Materiais Energéticos	3
FQ-434	Introdução à propulsão híbrida	1
MT-221	Introdução à Ciência e Tecnologia dos Elastômeros	3
MT-271	Tópicos Avançados em Carbonos Estruturais	3
TE-209	Efeitos de Armamento Aéreo em Alvos Militares	3
TE-210	Materiais Ablativos / Ablative Materials	3
TE-260	Metodologia da Pesquisa Científica &	3
TE-280	Análise de Segurança e Riscos em Laboratórios	2

TE-282	Meta-Heurísticas / Metaheuristics	3
TE-301	Seminário de Tese I / Thesis Seminar I	1
TE-302	Seminário de Tese II / Thesis Seminar II	1
TE-500	Tese	0
TQ-601	Estágio Docência I	3
TQ-602	Estágio Docência II	3
TE-601	Estágio Docência I	3
TE-602	Estágio Docência II	3

7.4.6 Sensores e Atuadores Espaciais – PG/ CTE-S

a) Disciplinas Eletivas

Sigla	Título	Crédito Máximo
TE-225	Lasers I – Princípios Físicos / Lasers I - Physical Principles &&&	3
TE-260	Metodologia da Pesquisa Científica	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-291	Microscopia de Força Atômica Aplicada em Amostras Cerâmicas Microestruradas	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-299	Inteligência Artificial aplicada ao Sensoriamento Remoto	3
TE-301	Seminário de Tese I / Thesis Seminar I	1
TE-302	Seminário de Tese II / Thesis Seminar II	1

TE-500	Tese	1
TS-601	Estágio Docência I	3
TS-602	Estágio Docência II	3

- A disciplina **Tese** marcada com †, é obrigatória para os alunos de Mestrado e Doutorado a partir do 3º período.
- 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.

7.5 EMENTAS

A carga horária semanal das disciplinas abaixo é representada por quatro números separados por um hífen. O primeiro representa 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; o quarto, o número de horas estimadas para estudo em casa, necessárias para acompanhar a disciplina. Cada período letivo compreende 16 semanas de aulas

AA-208/2025 – Dinâmica dos Gases

Requisito recomendado: ME-201. Requisito exigido: Não Há. Horas semanais: 3-0-0-6.

Ementa: 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-209/2025 – Aerodinâmica da Asa e Fuselagem no Regime Subsônico

Requisito recomendado: ME-201. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6.

Ementa: 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-234/2025 – Aerodinâmica Aplicada a Projeto de Aeronave

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-1-6. **Ementa:** 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, tablets, 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-269/2025 - Manobras Orbitais de “Rendezvous and Docking/Berthing

Requisito recomendado: AB-110 e AB-265. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. **Ementa:** 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:** Fehse, W., Automated Rendezvous and Docking of Spacecraft, Cambridge University Press, 2003.; Bong, W., Space Vehicles Dynamics and Control, 2nd Ed., AIAA Education Series, Published by the American Institute of Aeronautics and Astronautics Inc., 2008.; Arantes Jr., G., Rendezvous with a Non-cooperating Target, PhD Thesis, Bremen University, Sept 2011.; Seito, N. Modelagem e Simulação de Rendezvous and Docking/Berthing, Tese de Doutorado, INPE/DMC, 2015.

AE-250/2025 - Aeroelasticidade II/ Aeroelasticity II

Requisito recomendado: AE-249 Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. **Ementa:** Aeroelasticidade de placas e cascas. Efeitos de não-linearidades geométrica e aerodinâmica na estabilidade aeroelástica de cascas e placas. Resposta aeroelástica à rajada. Resposta dinâmica ao pouso e ejeção de cargas externas. **Syllabus:** Aeroelasticity of plates and shells. Effects of geometrical and aerodynamic nonlinearities on the stability of plates and shells. Aeroelastic response to gust loads. Dynamic response to landing and external loads ejection. **Bibliografia:** BISPLINGHOFF, R.L. et al., Aeroelasticity, Addison-Wesley, Reading, 1955; DOWELL, E., Aeroelasticity of plates and shells, Sijhoff &

Noordhoff, Groningen, 1976; BISMARCK-NASR, M.N., Finite elements in applied mechanics, Abaeté, São Paulo, 1993.

CC-297/2025 - Elementos de Mecânica dos Fluídos Computacional / Elements of Computational Fluid Mechanics

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

Ementa: Revisão das formulações e equações governantes fundamentais da Mecânica dos Fluídos. 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. **Syllabus:** 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-299/2025 – Métodos Numéricos de Alta Ordem / High Order Numerical Methods

Requisito recomendado: Não há Requisito exigido: CC-297. Horas semanais: 3-0-0-6.

Ementa: 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. **Syllabus:** 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-294/2025 - Engenharia de Requisitos de Sistemas Complexos com Software/ Requirements Engineering for Complex Systems with Software

Requisito recomendado: CE-220 (Fundamentos de Engenharia de Software) ou equivalente. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. **Ementa:** 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. **Syllabus:** Definitions. Types of requirements. Requirements levels. Overview of the Requirements Engineering process. Survey, analysis, documentation, verification, validation, traceability and management. Requirements modelling languages and forms. Requirements management tools. Requirements reuse. Requirements' complexity. Risk management in Requirements Engineering. Requirements Engineering in critical and socio-technical domains. Requirements Engineering in a data warehouse. Requirements engineering in cloud systems. Requirements engineering for cybersecurity. Requirements engineering for the Internet of Things. **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.

EA-293/2025 – 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. **Ementa:** 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. Díodo 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:** RAZAVI, B. RF Microelectronic,

Pearson Education, Inc., 2012.; GRAY, P. R.; HURST, P. J.; LEWIS, S. H.; MEYER, R. G. Analysis and Design of Analog Integrated Circuits, John Wiley & Sons, Inc., 2002.; FRANCO, S. Analog Circuit Design: discrete and integrated, McGraw-Hill Education, 2015.

ET-272/2025 – Comunicações Aeronáuticas / Aeronautical Communications

Requisito recomendado: ET-290. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6.

Ementa: 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: Stacey D., Aeronautical Radio Communication Systems and Networks, John Wiley & Sons Ltd, 2008.; Binns C., Aircraft Systems: Instruments, Communications, Navigation, and Control, John Wiley & Sons, 2019; Haykin, S., Communication systems, 4th. ed., New York: John Willey & Sons, 2001; Kayton. M.; Fried, W.R. Avionics Navigation Systems, 2nd ed., New York: John Willey & Sons, 1997.; 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.; ICAO (International Civil Aviation Organization). Doc 9613: Performance-based Navigation (PBN) Manual. 3 Ed. ICAO: Montreal, Canada, 2008. (ISBN 978-92-9249-200-7);; 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).

FF-204/2025 - Eletrodinâmica I

Requisito recomendado: FF-200. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 4-0-0-6. **Ementa:** 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^a ed., John Wiley, New York, 1975; PANOFSKY, W. K. H.; PHILLIPS, M., Classical Electricity and Magnetism. 2^a ed., Addison-Wesley, Reading, 1962.

FF-212/2025 – Métodos Computacionais de Física

Requisito recomendado: Curso equivalente a FF-200. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 4-0-0-8. **Ementa:** 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. SOULIÉ, J., The C++ Tutorial, <http://www.cplusplus.com/files/tutorial.pdf>.

FF-261/2025 - Física de Plasmas I

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 4-0-0-8. **Ementa:** 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-298/2025 - Instrumentação em Física Espacial

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 2-1-1-8. **Ementa:** 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-201/2025 – Materiais Energéticos

Requisito recomendado: FQ-220. Requisito exigido: Ser aluno do PPGAO. Horas semanais: 4-0-0-6. **Ementa:** 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:** COOK, M.A., The Science of High Explosives. Robert E. Krieger Publishing Co. inc., Huntington, N.Y., 2. ed., 1971; CALZIA, J. , Les Substances Explosives et Leurs Nuisances. Editora Dunod, Paris, I. ed. 1969, KUO, K.K., Principles of combustion, John Wiley & Sons, Inc., New Jersey, 2005.

FQ-202/2025 – Engenharia Aplicada a Armamentos e Munições Aéreas

Requisito recomendado: FQ-220. Requisito exigido: Aluno PPGAO. Horas semanais: 4-0-0-6. **Ementa:** 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:** SHUKMAN, D., Tomorrow's War: The Threat of High-Technology Weapons. Ed. Harcourt, New York, 1996; ZARZECKI, T. W., Arms Diffusion: The Spread of Military Innovations in the International System. Ed. Routledge, New York, 2002.

FQ-220/2025 - Termodinâmica Química / Chemical Thermodynamics

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-1-6. **Ementa:** Os princípios da Termodinâmica e suas consequências. 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:** LEVINE, I. N. Physical Chemistry 6 ed. McGraw-Hill Science, 2009.; KLOTZ, I. M. e ROZEMBERG, R. M. Chemical

Thermodynamics. 6 ed. John Wiley and Sons, 2000.; STOLEN, S.; GRANDE, T. Chemical Thermodynamics of Materials: Macroscopic and Microscopic Aspects. John Wiley & Sons, 2004.

FQ-222/2025 - Cinética Química / Chemical Kinetics

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

Ementa: 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: FROST, A. A.; PERSON, R. G. Kinetic and mechanics - a study of homogenous chemical reactions. New York: John Wiley & Sons, 1953.; MOELWYN-HUGHES, E.A. The chemical statistics and kinetics of solutions. New York: Academic Press, 1971.

FQ-223/2025 - Dinâmica Química / Chemical Dynamics

Requisito recomendado: FQ-290 (Química Quântica). Requisito exigido: FQ-222 (Cinética Química). Horas semanais: 4-0-1-5. **Ementa:** 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 semiempíricos e ab initio. Teoria 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, molecularity and order of reactions, Arrhenius equation and activation energy.

Potential energy surfaces: surfaces obtained by semi-empirical and ab initio methods. Statistical theory of reaction rates: transition state theory and RRKM theory. Molecular dynamics: kinetic 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, 1998.; LAIDLER, K. J. Chemical Kinetics, New York, Harper & Row, 1987.; FERNANDEZ-RAMOS, A., E.; ELLINGTON, B.A.; GARRETT, B. C.; TRUHLAR, Reviews in Computational Chemistry, v. 23, 125, 2007.

FQ-224/2025 - 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.

Ementa: 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 transreflectância 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:** PAVIA, D.L.; LAMPMAN, G.M.; KRIZ, G.S.; VYVYAN J.R. Introdução à espectroscopia, 2. Ed. São Paulo, Cengage Learning, 2015, 733p.; SMITH, A.L. Applied infrared spectroscopy, 1979, John Wiley & Sons, New York, 314p.; HUMMEL, D.O.; SCHOLL, F. Atlas of polymer: a plastics analysis, 1981, 1984, Vol. I, II and III, Verlag chemie GmbH.

FQ-230/2025 - 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.

Ementa: 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-232/2025– 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.

Ementa: 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:** Clayden, J.; Greeves, N.; Warren, S. Organic Chemistry. 2. ed. Oxford: Oxford University Press, 2012, 1234p.; Bruice, P.Y. Química Orgânica. 4. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2006. Vol. 1, 704p.; Agrawal, A.P. High Energy Materials: Propellants, Explosives and Pyrotechnics. 1. ed. Weinheim: WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, 2010, 498p.

FQ-233/2025 – Química dos propelentes e suas interfaces com proteções térmicas / Chemistry of propellants and their interfaces with thermal protections

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. **Ementa:** 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:** PAVIA, D.L.; LAMPMAN, G.M.; KRIZ, G.S. & VYVYAN.J.R. Introdução à espectroscopia, 2. Ed. São Paulo, Cengage Learning, 2015, 733p.; PALMERIO, A. F. Introdução à tecnologia de foguetes. São José dos Campos/SP: SindCT, 2017. p. 304.; TEIPEL, U. Energetic materials: particle processing and characterization. Weinheim: Wiley-VCH, 2005. 643 p

FQ-240/2025 – Eletroquímica Clássica

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Consentimento do professor. Horas semanais: 3-0-0-6. **Ementa:** 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-241/2025 - Princípios eletroquímicos e corrosão / Electrochemical principles and corrosion

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. **Ementa:** Conceitos básicos e aplicações em eletroquímica. Relações termodinâmicas básicas. Energia livre de Gibbs, trabalho elétrico e potencial. Equação de Nernst e eletrodos

de referência. Potencial químico, potencial eletroquímico, potencial elétrico. Potencial de eletrodo, potencial da solução e nível de Fermi. Cálculo de potenciais de eletrodo em condições de estado não padrão. Soluções eletrolíticas. Condutividade elétrica. Condutividade Iônica. Atividade, fugacidade, e coeficiente de atividade. Junções líquidas. Potencial de Donnan. Eletrodos seletivos de íons. Células de concentração. Leis de Faraday. Processos de eletrodos, dupla camada elétrica. Sobrepotencial, e polarização. Etapas na reação heterogênea. Controle de transferência de carga, Equação de Butler-Volmer. Correntes de troca. Aproximação de Tafel. Controle de transferência de massa. Fundamentos da corrosão metálica. Diagrama de Pourbaix. Velocidade de Corrosão. Tipos de corrosão. Potencial misto vs. potencial de equilíbrio, efeito do oxigênio e da agitação. Passivação. Célula de corrosão. Diagramas de Evans. Prevenção e controle da corrosão. Inibidores e Revestimentos. Experimentação em eletroquímica, métodos estáticos e dinâmicos, estado estacionário e estado transitório. **Syllabus:** Basic concepts and applications in electrochemistry. Basic thermodynamic relationships. Gibbs free energy, electrical work and potential. Nernst equation and reference electrodes. Chemical potential, electrochemical potential, electrical potential. Electrode potential, solution potential and Fermi level. Calculation of electrode potentials at non-standard state conditions. Electrolytic solutions. Electric conductivity. Ionic Conductivity. Activity, fugacity, and activity coefficient. Liquid joints. Donnan potential. Ion selective electrodes. Concentration cells. Faraday's Laws. Electrode processes, electric double layer. Overpotential, and polarization. Heterogeneous reaction steps. Charge transfer control, Butler-Volmer equation. Exchange currents. Tafel approximation. Mass transfer control. Fundamentals of metallic corrosion. Pourbaix diagrams. Corrosion rate. Types of corrosion. Mixed potential vs. equilibrium potential. Effects of oxygen and agitation. Passivation. Corrosion cells. Evans diagrams. Corrosion prevention and control. Inhibitors and Coatings. Experimentation in electrochemistry, static and dynamic methods, steady state and transient state. **Bibliografia:** BOCKRIS, J. O'M.; REDDY, A. K. N. Modern electrochemistry, Plenum Press, New York, 1970.; BARD, A. J.; FAULKNER, L. R. Electrochemical Methods: Fundamentals and Applications. 2nd ed. Wiley, 2000. 833p. 3 GONZALEZ, E. R.; TICIANELLI, E.A. Eletroquímica Princípios e Aplicações, 2nd ed. São Paulo: Edusp, 2005.

FQ-243/2025 – Espectroscopia de Impedância Eletroquímica / Electrochemical Impedance Spectroscopy

Requisito recomendado: FQ-220; FQ-222. Requisito exigido: FQ-240. Horas semanais: 3-0-0-6. **Ementa:** 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:** LASIA, A. Electrochemical Impedance Spectroscopy and its Applications – Springer-Verlag, New York, 2014.; LVOVICH, V. F. Impedance Spectroscopy: Applications to Electrochemical and Dielectric Phenomena, Wiley, 2012.; BARD A.J., FAULKNER L.R. Electrochemical methods. Fundamentals and applications. 2ed., Wiley, 2001.

FQ-251/2025 - Físico-Química de Interface de Compósitos Poliméricos

Requisitos recomendados: FQ-220 e FQ-250. Requisitos exigidos: Não há. Horas semanais: 4-0-0-8. **Ementa:** 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:** BRATUKHIN, A.G.; BOGOLYUBOV, V.S. Composite Manufacturing technology, Chapman & Hall, London, 1995; KELLY, A.C. e MILEKO, S.T. - Fabrication of composite. Amsterdam: Elsevier Science Publishers, 1983; MANO, E.B., Polímeros como materiais de engenharia. Ed. Edgard Blücher Ltda. São Paulo, 1996.

FQ-252/2025 - 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. **Ementa:** 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), molaricity. 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:** Mano, E. B.; Mendes, L. C. Introdução a polímeros. 2^a ed. São Paulo: Blücher, 1999.; Canevarolo Jr, S. V. Ciência dos polímeros. 3^a ed. São Paulo: Artliber 2006.; Young, R. J. e Lovell, P. A. Introduction to Polymers. 3^a ed. CRC Press, 2011.

FQ-253/2025 - Planejamento e Otimização de Experimentos I/Design and Optimization of Experiments I

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

Ementa: Introdução ao Design de Experimentos: princípios básicos da técnica, aplicações e limitações. Estatística elementar: Média, variância e desvio padrão; Distribuição Normal, Normal Padronizada, t de Student, Qui-quadrado e Distribuição F; Construção de intervalos de confiança; Identificação e Exclusão de valores anômalos. Planejamento fatorial completo e fatorial fracionário: Aplicações, cálculo de efeitos de fatores e interações, teste de significância dos efeitos, modelagem empírica. Delineamento de Plackett & Burman: Aplicações, construção de matrizes experimentais e análise de resultados. Metodologia de Taguchi: aplicações, arranjos ortogonais, razão sinal-ruído e análise de variância (ANOVA). Introdução à Metodologia de Superfície de Respostas e Modelagem de Misturas. **Syllabus:** Introduction to Design of Experiments: Basic principles of the technique, applications, and limitations. Elementary Statistics: Mean, variance, and standard deviation; Normal Distribution, Standard Normal, Student's t-distribution, Chi-square, and F-distribution; Construction of confidence intervals; Identification and exclusion of outliers. Factorial and Fractional Factorial Designs: Applications, calculation of factor effects and interactions, significance testing of effects, empirical modeling. Plackett & Burman Design: Applications, construction of experimental matrices, and analysis of results. Taguchi Method: Applications, orthogonal arrays, signal-to-noise ratio, and analysis of variance (ANOVA). Introduction to Response Surface Methodology and Mixture Experiments. **Bibliografia:** MONTGOMERY, Douglas C. Design and analysis of experiments. John Wiley & Sons, 2017.; NETO, Benício Barros; SCARMINIO, Ieda Spacino; BRUNS, Roy Edward. Como fazer experimentos: pesquisa e desenvolvimento na ciência e na indústria. Bookman Editora, 2010.; RODRIGUES, Maria Isabel; IEMMA, Antônio Francisco. Planejamento de experimentos e otimização de processos: uma estratégia sequencial de planejamentos. 2005.

FQ-254/2025 - Estrutura e Propriedades de Polímeros / Structure and Properties of Polymers

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

Ementa: Definições. Sistemas polímero-solvente. Termodinâmica de soluções diluídas. Métodos de determinação de massa molar de polímeros. Polímeros no estado sólido: amorfos e cristalinos. 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:** 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-260/2025 - 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. **Ementa:** 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:** FAHLMAN, B. D. Materials Chemistry. Dordrecht: Springer, 2007.; KLABUNDE, J. (Ed.) Nanoscale materials in chemistry. Nova York: John Wiley & Sons, 2001.; COMPANION, A.L. Ligação Química. São Paulo: Edgard Blucher, 1975.

FQ-263/2025 Teoria de Grupo Aplicada à Química/Group theory applied to chemistry

Requisito recomendado: FQ-290, FQ-294 ou FF-201. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. **Ementa:** Definições da teoria de grupo: propriedades de um grupo; subgrupos; classes. Simetria molecular: elementos e operações de simetria; grupos de ponto; classificação da simetria. Representações de grupos: teorema da grande ortogonalidade; tabelas de caracteres. Teoria de grupo e mecânica quântica: funções de onda e representações irreduzíveis; produto direto. Teoria do orbital molecular: combinações lineares adaptadas por simetria; operadores de projeção. Vibrações moleculares: simetria dos modos normais de vibração; contribuição das coordenadas internas nos modos vibracionais; método das matrizes F e G; regras de seleção. **Syllabus:** Definitions of group theory: properties of a group; subgroups; classes. Molecular symmetry: symmetry elements and operations; point groups; symmetry classification. Group representations: great orthogonality theorem; character tables. Group theory and quantum mechanics: wave functions and irreducible representations; direct product. Molecular orbital theory: linear combinations adapted by symmetry; projection operators; applications in molecular systems. Molecular vibrations: symmetry of normal vibration; contribution of internal coordinates to vibrational modes; F and G matrix method; selection rules. **Bibliografia:** COTTON, F. A. Chemical Applications of Group Theory, 3rd Edition, Wiley-Interscience, 1990.; HARRIS, D. C.; BERTOLUCCI, M. D. Symmetry and Spectroscopy: An Introduction to Vibrational and Electronic Spectroscopy, 1989, Dover Publications.; BISHOP, D. M. Group Theory and Chemistry, Revised edition, Dover Publications, 1993.

FQ-264/2025 - 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. **Ementa:** 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:** CLAYDEN, J.; GREEVES, N.; WARREN, S. Organic chemistry. 2 ed. Oxford University Press, 2012.; SALA, O. Fundamentos da espectroscopia raman e no infravermelho. 2 ed. Editora Unesp, 2008.; 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-265/2025 - Química Orgânica/ Organic Chemistry

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

Ementa: Introdução à Química Orgânica (Estrutura do átomo de carbono, Hibridização do carbono); Análise química (Fórmulas mínimas e moleculares); Teoria estrutural (Teoria de Kekulé, Orbitais atômicos e moleculares, Ligações covalentes, Hibridização sp , sp^2 e sp^3); Principais funções orgânicas; Reações orgânicas; Isomeria plana e espacial; Acidez e Basicidade dos Compostos Orgânicos; Síntese de polímeros; Aplicações da Química Orgânica na Engenharia (Síntese de compostos orgânicos para a indústria farmacêutica e de materiais, Biotecnologia e engenharia genética, Química ambiental: poluição e degradação de compostos orgânicos). **Syllabus:** Introduction to Organic Chemistry (Structure of the carbon atom, Carbon hybridization); Chemical analysis (Empirical and molecular formulas); Structural theory (Kekulé theory, Atomic and molecular orbitals, Covalent bonds, sp , sp^2 , and sp^3 hybridization); Organic functions; Organic reactions; Planar and spatial isomerism; Acidity and basicity of organic compounds; Polymer synthesis; Applications of Organic Chemistry in Engineering (Synthesis of organic compounds for the pharmaceutical and materials industries, Biotechnology and genetic engineering, Environmental chemistry: pollution and degradation of organic compounds). **Bibliografia:** ALLINGER, N. L. Química Orgânica. 2a Edição. Rio de Janeiro: Guanabara Dois. 1973; CAREY, F. A., Organic Chemistry. 2a Ed. New York: Ed. McGraw-Hill, Inc. 1992; SOLOMONS, T.W.G., Fryhle, B.C. Química Orgânica. vol.1 7a Edição. Livros Técnicos e Científicos S/A .2000

FQ-266/2025 - 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.

Ementa: 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:** PULEO, D. A. et al. Biological Interactions on Materials Surfaces. Understanding and Controlling Protein, Cell, and Tissue Responses. Springer, 2009.; 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.; ed. San Diego: Academic Press, 2007.

FQ-270/2025 – Adsorção sobre Sólidos

Requisito recomendado: FQ-220. Requisito exigido: Consentimento do professor. Horas semanais: 4-0-0-8. **Ementa:** 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:** I.N. PUTILOVA; S.A. BALEZIN, V.P. BARANNIK, Metallic corrosion inhibitors, Pergamon Press, New York, 1960; 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-290/2025 - Química Quântica I / Quantum Chemistry I

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

Ementa: Princípios da Mecânica Quântica (Espectro do átomo de hidrogênio, radiação do corpo negro, efeito fotoelétrico, fórmula de Rydberg, Bohr, 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, Bohr, 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:** McQUARRIE, D. A. Quantum Chemistry. University Science Books, 2008.; HOLLAUER, E. Química Quântica. LTC, Rio de Janeiro, 2008.; LEVINE, I. N. Quantum Chemistry. 4a edição, Prentice Hall, 1991.

FQ-291/2025 – 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.

Ementa: 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: McQuarrie, D. A. Quantum Chemistry. 2nd ed. University Science Books, 2008.; Morgan, N. H. e Coutinho, K. Métodos de Química Teórica e Modelagem Molecular. Livraria da Física, 2007. ; Jensen, F. Introduction to Computational Chemistry. 2nd ed. Wiley, 2007.

FQ-293/2025 - 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.

Ementa: Conceitos úteis em modelagem molecular: sistemas de coordenadas, potenciais interatônicos, 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:** LEACH, A. R. Molecular Modelling: Principles and Applications. Prentice Hall, 2001.; ALLEN, M. P.; TILDESLEY, D. J. Computer Simulation of Liquids. Clarendon Press. 1987.; Garrels, M. Bash Guide for Beginners (2nd ed.). Fultus Corporation, 2010.

FQ-294/2025 - Introdução à Estrutura Eletrônica / Introduction to Electronic Structure

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 2-0-1-3. **Ementa:** 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 multielettrônicos 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:** LEVINE, I. N. Physical Chemistry. 6 ed. McGraw-Hill Science, 2009.; Piela, L. Ideas of quantum chemistry. 2 ed. Elsevier, 2014.; McQUARRIE, D. A. Quantum Chemistry. 2 ed. University Science Books, 2008.

FQ-295/2025 - 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. **Ementa:** 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:** TURI, E. A. Thermal characterization of polymeric materials. New York: Academic Press, 1996.; WENDLANT, W. W. Thermal analysis. New York: John Wiley & Sons, 1985.; CANEVALORO, S. V. Técnicas de Caracterização de Polímeros. São Paulo: Artliber Ed, 2004.

FQ-298/2025 – 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. **Ementa:** 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:** LAKOWICZ, J. R. Principles of Fluorescence Spectroscopy. 2nd edition. New York; Kluwer Academic, 1999.; TURRO, N. J. Modern Molecular Photochemistry. Sausalito: University Science Books, 1991.; BIRKS, J.B. Photophysics of Aromatic Molecules. New York: John Wiley & Sons, 1970.

FQ-299/2025 – Modelagem Reativa de Materiais Energéticos/ Reactive Modeling of Energetic Materials

Requisito recomendado: FQ-220 e FQ-222. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-3. **Ementa:** 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. **Syllabus:** Introduction to energetic materials. Fundamentals of combustion and kinetic mechanisms. Fundamentals of chemical reactors. Kinetic simulation of the combustion of energetic materials. Introduction to molecular dynamics. Energies, potentials and force fields. Ensembles. Ab initio simulations of stability, pyrolysis and combustion of energetic materials in gas and/or condensed phase. **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.

FQ-434/2025 - Introdução à propulsão híbrida/ Introduction to hybrid propulsion

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 2-1-0-2. **Ementa:** Propulsão química. Propulsão híbrida. Formulação de grãos combustíveis e propelentes. Técnicas de processamento de partículas (combustível e oxidante). Caracterizações térmica, mecânica e química. Aspectos termodinâmicos e cinéticos. Teoria de propulsão de foguetes. Parâmetros balísticos propulsores sólidos e híbridos. **Syllabus:** Chemical propulsion. Hybrid propulsion. Formulation of fuel and propellant grains. Particle processing techniques (fuel and oxidizer). Thermal, mechanical and chemical Characterizations. Thermodynamic and kinetic aspects. Rocket propulsion theory. Solid and hybrid propellant ballistic parameters. **Bibliografia:** SUTTON P.G. e BIBLARZ, O., Rocket propulsion elements. John Wiley & Sons, Inc., 2001.; HILL P.G. e PETERSON C.R., Mechanics and thermodynamics of propulsion. Addison Wesley Publishing company, 1992.; De LUCA L., SHIMADA T., SINDITSKII V.P., CALABRO M., Chemical Rocket Propulsion. Springer, 2017.

MB-249/2025 - Logística no Desenvolvimento de Sistemas Complexos

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-3. **Ementa:** 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.; BLANCHARD, Benjamin S. VERMA, Dimish, PETERSON, Elmer L., MAINTAINABILITY: A Key to Effective Serviceability and Maintenance Management, Wiley Interscience, New York, 1995.; SHEBROOKE, Craig C. OPTIMAL INVENTORY MODELING OF SYSTEMS, Springer US, 2004.

MB-251/2025 - Complexidade da inovação/Innovation complexity

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

Ementa: Definição de inovação. Tipologias de inovação. Conceituação de valor. Lógica dominante de serviços. Difusão da inovação. O mundo VUCA. Fuzzy Front End da inovação. Eras da inovação. Modelos abertos e fechados de inovação. Design Thinking. Lean Canvas. Capital para inovação. Ecossistemas e habitats de inovação. Conceitos de Gerenciamento Ágil para inovações. Aspectos sociais da inovação. Fundamentos da complexidade. Inovação sistêmica. **Syllabus:** Definition of innovation. Innovation typologies. Value conceptualization. Service-Dominant Logic. Diffusion of innovation. The VUCA world. Fuzzy Front End of Innovation. Ages of innovation. Open and closed models of innovation. Design Thinking. Lean Canvas. Capital for innovation. Innovation ecosystems and habitats. Agile Management Concepts for Innovations. Social aspects of innovation. Fundamentals of complexity. Systemic innovation. **Bibliografia:** OECD: MANUAL de Oslo. [S.I.]: FINEP, 2006.; BLANK, S. Entrepreneurship for the 21st Century. Business Models and Customer Development. Endeavor Brasil. 2012.; VARGO, S. L.; LUSCH, R. F. Service-dominant logic: continuing the evolution. J. Acad. Mark. Sci., v. 36, n. 1, p. 1–10, 2008. KURATKO, D. F. Empreendedorismo: teoria, processo e prática. Cengage Learning BR, 2017.; BUNGE, M. Emergence and Convergence: Qualitative Novelty and the Unity of Knowledge. Toronto, ON: University of Toronto Press, 2003.

MB-263/2025 - Elaboração e Implementação do Planejamento Estratégico

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

Ementa: 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.]. – 2^a Ed – São Paulo: Cengage Learning, 2011. Rezende, D. A. Planejamento Estratégico Público ou Privado – 3^a 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-215/2025 - Desenvolvimento Integrado de Produtos (DIP)

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

Ementa: Metodologia de projetos mecatrônico. Desenvolvimento integrado de produtos-Engenharia Simultânea. Hierarquia dos requisitos funcionais. Técnicas de síntese: análise

morfológica, busca de atributos, braimstorming 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-223/2025 - Manipuladores Robóticos - Aplicações Espaciais

Requisito recomendado: MP-291. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-1-4.

Ementa: 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 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* 2nd Edition, Wiley, 2004. Spong, Mark W. Hutchinson, Seth, and M. Vidyasagar, *Robot Modeling and Control*, 1st Edition, John Wiley & Sons, Inc., 1989.

MT-221/2025 - Introdução à Ciência e Tecnologia dos Elastômeros

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

Ementa: 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, Proprietes et Technologie des Elastomeres” 1979, Groupe Francais D’Etudes et D’Applications des polymeres, Paris, Fr.

MT-256/2025 – Comportamento Mecânico de Polímeros e Compósitos

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

Ementa: 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 – 2nd ed. , Cambridge University Press, 1996. YOUNG, R. J.; LOVELL, P. A. Introduction to Polymers – 3rd ed. , CRC Press, 2011. WARD, I. M.; SWEENEY, J. S. Mechanical Properties of Solid Polymers – John Wiley & Sons, 2013.

MT-271/2025 – Tópicos Avançados em Carbonos Estruturais

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

Ementa: Estrutura e ligação em carbonos. Imperfeições e ordem estrutural. Alotropia, polimorfismo e politismo. Matérias-primas e processos para manufatura de materiais carbonosos. Carbonos poliméricos, coques e pitches. 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:** DELHAÈS, P., Fibers and Composites – 1st ed. , Gordon and Breach Sci Publishers, 2001. SAVAGE, J., Carbon Carbon Composites – 1st Ed. , Chapman & Hall, 1993. MARSH, H., REINOSO, F. R., Sciences of Carbon Materials, ed., Publicaciones Universidad de Alicante, 2000.

MT-298/2025 – 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. **Ementa:** Tratamento de superfícies: endurecimento por témpera e por carbonatação. 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. Materiais Science and Engineering: An Introduction, New York, N.Y.: Academic Press, 2003.

PO-201/2025 – Introdução a Pesquisa Operacional/ Introduction to Operations Research

Requisito recomendado: CES-10. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-1-0-6. **Ementa:** Tomada de decisão e modelos matemáticos. Modelagem de otimização linear. Otimização linear contínua e o método Simplex (primal e dual). Otimização linear discreta. Problemas de otimização combinatória. Métodos de otimização linear discreta. Otimização em redes. Programação dinâmica. Heurísticas e metaheurísticas. Aplicações em Ciência de Dados. **Syllabus:** Decision making and mathematical models. Linear optimization modelling. Continuous linear optimization and Simplex method (primal and dual). Discrete linear optimization. Combinatorial optimization problems. Discrete linear optimization methods. Network optimization. Dynamic programming. Heuristics and metaheuristics. Applications in Data Science. **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-210/2025 - Probabilidade e Estatística/ Probability and Statistics

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-1-0-3. **Ementa:** 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. Estimação 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. **Syllabus:** Classical concept and probability frequency. Conditional probability and independence of events. Bayes' theorems and total probability. Discrete and continuous random variables. Mass, density, and cumulative distribution functions. Expected value and variance. Markov and

Chebyshev inequalities. Discrete random variables: Bernoulli, Binomial, Geometric and Poisson. Continuous random variables: Negative exponential, Normal and Weibull. Moments and moment generating function. Functions of random variables. Joint random variables, joint and marginal distribution function. Statistical independence, covariance and correlation coefficient. Random samples. Central Limit Theorem. Point estimation of parameters. Methods of moments and maximum likelihood. Chi-square, Student's t and Snedecor's F random variables. Confidence intervals. One-dimensional hypothesis tests. Hypothesis tests between parameters of different populations. **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 fro Engineering and Scientists, 4th Ed., Pearson, 2011.

PO-211/2025 – Métodos de Estruturação de Problemas

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

Ementa: 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-212/2025 - Análise de Decisão/ Decision Analysis

Requisito recomendado: MOQ-13. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6.

Ementa: Processo de Análise de Decisão; valor monetário esperado; Teoria da utilidade. Introdução a Métodos de Apoio Multicritério à Decisão (AMD). Problemáticas de decisão. Construção de modelos de decisão. Teoria de Utilidade Multiatributo (MAUT-Multi-Attribute Utility Theory). Teoria do Valor Multiatributo (MAVT-Multi-Attribute Value Theory); Métodos FITradeoff; Métodos da família PROMETHEE; Métodos da família ELECTRE; aplicações em planejamento, Problemas de classificação e métodos associados; O problema de seleção de portfólio e métodos associados. Decisões em grupo. **Syllabus:** Decision Analysis Process; expected monetary value; Utility Theory; Introduction to Multicriteria Decision Methods. Decision problems. Building decision models. MAUT-Multi-Attribute Utility Theory (MAUT). Multi-Attribute Value Theory (MAVT); FITradeoff Methods; PROMETHEE Methods; ELECTRE Methods; Applications in planning; Sorting problems and related methods; Portfolio selection problem and related methods; Group decisions. **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. Duxbury Press, 2001, 752 p. ALMEIDA A.T. Processo de Decisão nas Organizações – Construindo modelos de decisão multicritério, Atlas, 2013, 231 p.

PO-220/2025 - Gerência de Operações e Logística

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: PO-201 ou equivalente. Horas semanais: 3-1-0-3. **Ementa:** 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, 4^a edição. Editora Atlas, 2015. Cachon, G. e Terwiesch, C., Matching supply with demand – An Introduction to Operations Management, 3^a edição. Mc Graw-Hill, 2013.

TE-201/2025 - 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. **Ementa:** 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:** Anderson Jr., J. D., Hypersonic and High Temperature Gas Dynamics – 2nd Edition, AIAA Educational Series, Reston, VA, 2006.; Duffa, Ablative Thermal Protection Systems Modeling, AIAA Educational Series, Reston, VA, 2013.

TE-205/2025 – 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. **Ementa:** 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. Langrange 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 velocit. 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-206/2025 – Projetos de Plataformas Suborbitais / Suborbital Platforms Design

Requisito recomendado: TE-265. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. **Ementa:** Sistemas espaciais: o mercado espacial com enfase 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: avionica 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:** Wertz, J. R., Everett, D. F., & Puschell, J. J. (2011). Space mission engineering: the new SMAD. Microcosm Press.; Pisacane, V. L. (Ed.). (2005). Fundamentals of space systems. Johns Hopkins University/Appli.; Fortescue, P., Swinerd, G., & Stark, J. (Eds.). (2011). Spacecraft systems engineering. John Wiley & Sons.

TE-208/2025 - Simulação Direta de Escoamento Rarefeito

Requisito recomendado: ME-201 e AA-208. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. **Ementa:** 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; LIOU, 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-209/2025 - Efeitos de Armamento Aéreo em Alvos Militares/ Effects of Aerial Weapons on Military Targets

Requisito recomendado: Conhecimento prévio em armamento aéreo e materiais energéticos. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-3. **Ementa:** Introdução aos principais alvos militares. Efeitos de explosão contra alvos militares. Predição de parâmetros associados à explosão. Efeitos dinâmicos nos alvos sujeitos à onda de choque. Equação de estado para sistema dinâmico. Sistema dinâmico sem amortecimento. Artifícios para redução de efeitos de explosão contra alvos. Detonação subaquática. Forças geradas em terremotos contra alvos. **Syllabus:** Introduction to main military targets. Blast effect against military targets. Prediction of explosion parameters. Dynamic effects due to blast on targets. Dynamic system equation of motion. Undamped dynamic system. Used devices to reduce blast effects against targets. Underwater detonation. Earthquake strength developed against targets. **Bibliografia:** Kubota, N. Propellants and Explosives: Thermochemical Aspects of Combustion, Wiley, 3a ed. 2015. ASCE. Design of blast-resistant buildings in petrochemical facilities. 2a ed. Reston: ASCE, 2010. Clough, R. W.; Penzien, J. Dynamics of structures. 3a ed. Berkeley: Computers & Structures, Inc, 2003.

TE-210/2025 - Materiais Ablativos / Ablative Materials

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. **Ementa:** 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 poliaramid). 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). Nanosstructured 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-211/2025 - Dinamica Molecular dos gases/Molecular Gas Dynamics

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-8.

Ementa: Hipótese molecular; Teoria elementar da cinética dos gases: pressão e temperatura, colisões moleculares, dinâmica de colisão binária, frequência de colisão e livre caminho médio; Fenômenos de transporte e propriedades de transporte: viscosidade, condutividade térmica, difusividade; A Equação de Boltzmann e o Teorema H; Teoria Cinética no equilíbrio: função de distribuição de velocidade de Maxwell; Entropia; Mecânica Estatística fundamental, potenciais intermoleculares e modelos moleculares; Contribuição da estrutura interna das moléculas; Esquemas colisionais e modelos de relaxação de energia interna e reações químicas em equilíbrio; Escoamentos com não-equilíbrio vibracional ou químico; Teoria Cinética fora do equilíbrio; Introdução aos métodos de solução numérica: Lattice Boltzmann, DSMC, Fokker-Planck. **Syllabus:** Molecular hypothesis; Elementary gas kinetics theory: pressure and temperature, molecular collisions, binary collision dynamics, collision frequency and mean free path; Transport phenomena and transport properties: viscosity, thermal conductivity, diffusivity; The Boltzmann Equation and H Theorem; Kinetic theory at equilibrium: Maxwell's velocity distribution function; Entropy; Fundamental Statistical Mechanics, intermolecular potentials and molecular models; Contribution of the internal structure of molecules; Collision schemes and internal energy relaxation models and chemical reactions at equilibrium; Flows with vibrational or chemical nonequilibrium; Nonequilibrium Kinetic theory; Introduction to numerical solution methods: Lattice Boltzmann, DSMC, Fokker-Planck. **Bibliografia:** W.G. Vincent and C.H. Kruger; Introduction to Physical gas Dynamics, Krieger Publishing, 1986; G.A. Bird; Molecular Gas Dynamics and the Direct Simulation of Gas Flows. Oxford Science, 1994; T. Kruger and A. Kuzmin; The Lattice Boltzmann Method, Springer, 2017

TE-213/2025 – Aerodinâmica Experimental / Experimental Aerodynamics

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 2-1-2-6.

Ementa: 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; Wiley-Interscience, 3 ed., New York, 1999.

TE-215/2025 – Segurança de Sistemas Aeroespaciais / Aerospace System Safety

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

Ementa: Introdução a Engenharia de Sistemas Aeroespaciais. Conceitos e Fundamentos de Segurança de Sistemas. Analise 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-217/2025 - 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.

Ementa: 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:** INCOSE, System Engineering Handbook, International Council of System Engineering. 4th Ed. 2015.; 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-219/2025 - Engenharia Simultânea/ Concurrent Engineering

Requisito recomendado: PO-211. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-2-3.

Ementa: 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. **Syllabus:** Initial concepts, introduction to systems thinking and complexity. Space Systems conceptual studies. Philosophy of system thinking. Pillars of Concurrent Engineering. Systemic Languages. Transdisciplinarity. Systems Engineering and the relationship with Specialty Engineering and Design Engineering. Concurrent Engineering Facilities. Model Driven Engineering. Approaches of complex systems conceptual modeling. Arcadia Methodology: modeling of the problem and solution domains. Processes for interactions among disciplines. Flows for the design of Space Systems according to DCA-400-6. Tools for exploration, selection and realization of concepts. Case studies. **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-220/2025 – Metodos matemáticos para Engenharia Aeroespacial/Mathematical methods for Aerospace Engineering

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-8.

Ementa: Análise vetorial, rotação de eixos, produto interno e vetorial, operadores diferenciais, teoremas de Green, Gauss e Stokes, função delta de Dirac, teorema de Helmholtz; Coordenadas ortogonais no R³, operadores vetoriais diferenciais, sistemas de coordenadas; Análise tensorial, contração, pseudotensores, tensores gerais; Determinantes, matrizes ortogonais e unitárias, diagonalização de matrizes, matrizes normais ; Equações diferenciais parciais, método da separação de variáveis, método de Frobenius, funções de Green; Séries de Fourier; Transformadas integrais: Laplace e Fourier, aplicações à solução de equações diferenciais. **Syllabus:** Vector analysis, rotation of axis, inner and vector product, differential operators, Green, Gauss and Stokes theorems, Dirac delta function,

Helmholtz theorem; Orthogonal coordinates in R3 , vector differential operators, coordinate systems; Tensor analysis, contraction, pseudotensors, general tensors; Determinants, orthogonal and unitary matrices, diagonalization of matrices, normal matrices; Partial differential equations, separation of variables, Frobenius method, Green's function; Fourier series; Integral transforms: Laplace and Fourier, applications to partial differential equations. **Bibliografia:** G.B. Arfken and H.J. Weber, Mathematical Physics, Elsevier, 2005; E. Butkov; Mathematical Physics, Addison-Wesley, 1968; G. Strang; Álgebra Linear e suas Aplicações, Cengage Learning, 2010.

TE-222/2025 – Soldagem de Materiais de Uso Aeroespacial / Welding of Aerospace Materials

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-1-0-6.

Ementa: 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:** WAINER, E.; et al. Soldagem: Processos e Metalurgia. São Paulo: Blucher, 1992. 494p.; DULEY, W. W. Laser welding. 1 ed. New Jersey: John Wiley & Sons, 1998.; MARQUES, P. V.; et al. Soldagem: Fundamentos e Tecnologia. Editora UFMG, Belo Horizonte, 2005, 362p.

TE-223/2025 – Processamento Laser de Materiais / Laser Materials Processing

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-1-0-6.

Ementa: 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-224/2025 – Óptica Aplicada ao Processamento Laser / Optics Applied to Laser Processing

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 2-0-2-6.

Ementa: 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:** HECHT, E. Optics.. 4nd. ed. New York: addison-Wesley, 2001.; STEEN, W. M.; MAZUNDER, J. M.. Laser Material Processing. London: Springer-Verlag, 2010.; KANNATEY-ASIBU Jr, E. Principles of Laser Material Processing. Hoboken, NJ.: Wiley, 2009.

TE-225/2025 – Lasers I – Princípios Físicos / Lasers I - Physical Principles

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. **Ementa:** Conceitos introdutórios: emissão espontânea, emissão estimulada e absorção; a idéia de laser. Intereração 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:** SVELTO. O., Principles of lasers. 5 ed. New York: Springer US, 2010.; SIEGMAN, A. E., Lasers. Mill Valley: University Science Books, 1986.

TE-226/2025 – Segurança no Trabalho com Laser/Laser Safety

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 1-0-2-2. **Ementa:** 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 riscos de acidentes e métodos de controle; Procedimentos básicos de emergência para acidentes com lasers. **Syllabus:** Introduction to the basic principles of laser operation: Light, Unit Systems and terminology; Optical components and types of reflections; Absorption, spontaneous and stimulated emission of radiation; Amplification, laser action and active medium; Laser beam properties; Beam propagation; Main laser applications. Introduction to laser safety: Main causes of accidents and legislation; Laser classes according to the accident risks; Biological effects of laser radiation; Exposure limit and risk zone; Accident control methods and PPE for Lasers; Other accident risks and control methods; Basic emergency procedures for laser accidents. **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-227/2025 - Design Thinking na Engenharia de Sistemas Aeroespacial/ Design Thinking in Aerospace System Engineering

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

Ementa: Módulo 1: Introdução ao Design Thinking e Engenharia Aeroespacial: Compreendendo os princípios do Design Thinking; Visão geral da engenharia de sistemas aeroespaciais; Intersecções entre Design Thinking e Indústria Aeroespacial; Estudos de caso: aplicações bem-sucedidas de Design Thinking em projetos aeroespaciais. Módulo 2: Fase de Empatia e Definição: Técnicas de pesquisa de usuários no setor aeroespacial: entrevistas, pesquisas e observação; Criação de personas de usuários e mapas de jornada no contexto aeroespacial; Definindo Desafios de Design: Formulação da Declaração do Problema; Estudos Etnográficos em Ambientes Aeroespaciais. Módulo 3: Fase de Ideação e Protótipo: Técnicas de Ideação: Brainstorming, Mapeamento Mental, entre outras; Métodos de prototipagem rápida em design aeroespacial; Impressão 3D e suas aplicações em prototipagem aeroespacial; Sessões de Ideação Colaborativa: Gerando Conceitos Aeroespaciais Inovadores. Módulo 4: Fase de Teste e Implementação: Teste de usabilidade em design aeroespacial; Prototipagem iterativa e integração de feedback do usuário; Estratégias de implementação para soluções aeroespaciais; Dimensionando protótipos para sistemas aeroespaciais em escala real. Módulo 5: Tópicos Avançados e Estudos de Caso: Fatores Humanos no Projeto de Sistemas Aeroespaciais; Design Thinking para Aeroespaço: Desafios e Soluções; Integrando o Design Thinking ao ciclo de vida de projetos Aeroespaciais; Considerações Éticas na Inovação do Design Aeroespacial. **Syllabus:** Module 1: Introduction to Design Thinking and Aerospace Engineering: Understanding Design Thinking Principles; Overview of Aerospace System Engineering; Intersections between Design Thinking and Aerospace Industry; Case Studies: Successful Applications of Design Thinking in Aerospace Projects. Module 2: Empathize and Define Phase: User Research Techniques in Aerospace: Interviews, Surveys, and Observation; Creating User Personas and Journey Maps in Aerospace Context; Defining Design Challenges: Problem Statement Formulation; Ethnographic Studies in Aerospace Environments. Module 3: Ideate and Prototype Phase: Ideation Techniques: Brainstorming, Mind Mapping, and others; Rapid Prototyping Methods in Aerospace Design; 3D Printing and Its Applications in Aerospace Prototyping; Collaborative Ideation Sessions: Generating Innovative Aerospace Concepts. Module 4: Test and Implement Phase: Usability Testing in Aerospace Design; Iterative Prototyping and User Feedback Integration; Implementation Strategies for Aerospace Solutions; Scaling Prototypes to Full-Scale Aerospace Systems. Module 5: Advanced Topics and Case Studies: Human Factors in Aerospace System Design; Design Thinking for Aerospace: Challenges and Solutions; Integrating Design Thinking into Aerospace Design Lifecycle; Ethical Considerations in Aerospace Design Innovation. **Bibliografia:** Eli Woolery. Design Thinking Handbook. 2023. Acesso: <https://www.designbetter.co/design-thinking>; Peter G. Rowe. Design Thinking. ISBN 9780262680677. February 14, 1991. MIT Press; Tim Brown. Change by Design: How Design Thinking Transforms Organizations and Inspires Innovation ASIN : 0061766089. Harper Business (September 29, 2009)

TE-228/2025 - Metrologia Óptica / Optical Metrology

Requisito recomendado: FF-249. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 2-0-2-6.

Ementa: 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. Vocabulário Internacional de Metrologia. http://www.inmetro.gov.br/infotec/publicacoes/VIM_2310.pdf, acessado em 15/02/212.

TE-229/2025 - Espectroscopia a Laser / Laser Spectroscopy

Requisito recomendado: FF-225, FF-201 e FF-202. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. **Ementa:** 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-230/2025 - Seleção de Materiais de Uso Aeroespacial/ Materials selection for aerospace

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. **Ementa:** 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. **Syllabus:** Engineering materials, their properties and units; Criteria for the selection of materials; Selection of materials and design; Material selection and failure analysis; Maps of the materials properties; Selection methodology according to Ashby: the selection strategy; merit index; computer aided selection; multiple constraints and conflicting objectives; processes and process selection. Decision matrices; Database in the selection process; Cases Studies. **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-231/2025 - 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.

Ementa: 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-232/2025 – 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.

Ementa: 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 in advanced semiconductor materials and devices. N. York: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2002.

TE-234/2025 – 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.

Ementa: 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-236/2025 – Técnicas Experimentais de Detecção e Dosimetria de Radiação Ionizante / Experimental Techniques for Detection and Dosimetry of Ionizing Radiation

Requisito recomendado: TE-231 ou equivalente. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 2-0-2-4.

Ementa: 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, BF3, 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, BF3, 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:** KNOLL, G.F. Radiation detection and measurement. 2.ed. New York, NY: Wiley, 1989. 754 p. ISBN 0-474-61761--X.; AHMED, S.N. Physics and engineering of radiation detection. San Diego, CA: Academic Press, c2007. 764 p. ISBN 978-0-0-12-045581-2. ATTIX, F.H. Introduction to radiological physics and radiation dosimetry. Weinheim: Wiley, c2004. 607 p. ISBN 978-0-471-01146-0.

TE-237/2025 - Introdução à Astrobiologia e Medicina Aeroespacial/Introduction to Astrobiology and Aerospace Medicine

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-1-6. **Ementa:** Condições espaciais na ISS e em veículos espaciais: condições de suporte à vida. Conceitos básicos de evolução, astrobiologia e microrganismos em ambientes terrestres extremos, em estações espaciais e em espaçonaves. Condições fisiológicas de astronautas. Biossegurança em viagens espaciais. A medicina preventiva em astronautas: triagem, prestação de cuidados de saúde e manutenção do desempenho dos astronautas no ambiente espacial; Manutenção da saúde a longo prazo dos viajantes espaciais. **Syllabus:** Space conditions on the ISS and in space vehicles: life support conditions. Basic concepts of evolution, astrobiology, and microorganisms in extreme terrestrial environments, on space stations and in spacecraft. Physiological conditions of astronauts. Biosafety in space travel. Preventive medicine in astronauts, screening, providing health care and maintaining the performance of astronauts in the space environment; Maintaining the long-term health of space travelers. **Bibliografia:** Nandi, A. et al. Astrobiology and Space Medicine. Pha orex Biotechnologies; 2021. Lunine, J.l. Astrobiology : A Multi-Disciplinary Approach. Pearson. 2004. Kolb, V.N. Handbook of Astrobiology . CRC Press, 2021.

TE-240/2025 – Técnicas de Caracterização dos Materiais/Material Characterization Techniques

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-1-6. **Ementa:** Introdução às técnicas de caracterização de materiais. Microscopia de luz visível e confocal. Microscopia eletrônica de varredura. Microscopia eletrônica de transmissão. Preparação de amostras metalográficas. Difração de raios X. Microtomografia. Análise de rugosidade. Ensaios mecânicos (dureza, fadiga e tração).Laboratório de metalografia. Laboratório de microscopia óptica e eletrônica de varredura. Laboratório de ensaios mecânicos. **Syllabus:** Introduction to materials characterization techniques. Visible and Confocal Light Microscopy. Scanning Electron Microscopy. Transmission Electron Microscopy. Preparation of metallographic specimens. X-ray Diffraction. Microtomography. Roughness analysis. Mechanical tests (hardness, fatigue and Tensile). Metallography Laboratory. Optical and Scanning Electron Microscopy Laboratory. Mechanical Testing Laboratory. **Bibliografia:** ASM METALS HANDBOOK. Materials Characterization, V.10, 1992.; CULLITY, B.D. Elements of x-ray diffraction. 3^a Ed. Pearson, 2014;DOWLING, N.E. Mechanical Behavior of Materials, 2^a Ed. Prentice Hall, 999.;FLEWITT, P.E.J.; WILD, R.K. Physical Methods for Materials Characterization, 3^a Ed. CRC Press,2017.;GARCIA, A.; SPIM, J.A.; SANTOS, C.A. Ensaios dos Materiais, 2^a Ed. LTC, 2012.GOLDSTEIN, J.I.; NEWBURY, D.E.; MICHAEL, J.R.; RITCHIE, J.H.J.; JOY, D.C. Scanning Electron Microscopy and X-ray Microanalysis, 4^a Ed. Springer, 2018.;MANNHEIMER, W.A., Microscopia dos materiais. E-papers Serviços Editoriais Ltda, 2002.;SILVA, A.L.V.C. Metalografia dos Produtos Siderúrgicos Comuns, 4^a Ed. Blucher, 2008.;SKOOG, D. A.; HOLLER F.L.; CROUCH S. R. Princípios de Análise Instrumental. 6^a Ed. Bookman,2009.;SOUZA, S.A. Ensaios Mecânicos de Materiais

Metálicos: Fundamentos Teóricos e Práticos, 5^a Ed. Blucher, 1982.; WILLIAMS, D.B.; CARTER, C.B. Transmission Electron Microscopy. Springer, 1996.; YANG L. Materials Characterization: Introduction to Microscopic and Spectroscopic Methods. John Wiley & Sons, 2008.

TE-241/2025 – Hipersônica Fundamental / Fundamentals of Hypersonics

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

Ementa: 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:** ANDERSON, J. D. Modern Compressible Flow: with historical perspective. 3rd. ed. New York: McGraw-Hill, 2003. 760 p.; 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).

TE-242/2025 Aerotermodinâmica Fundamental / Fundamentals of Aerothermodynamics

Requisito recomendado: TE-241. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6.

Ementa: Aspectos gerais do ambiente aerotermodinâmico 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 aerotermodinâmico) 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-243/2025 – Propulsão Hipersônica Aspirada I / Hypersonic Airbreathing Propulsion I

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-1-6.

Ementa: Histórico. Atmosfera terrestre. Equações da aerotermodinâmica. Desempenho de sistemas propulsivos aeroespaciais. Desempenho de veículos aeroespaciais. Desempenho de estatorreatores 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-244/2025 - Aerotermodinâmica Hipersônica / Hypersonic Aerothermodynamics

Requisito recomendado: TE-241 Hipersônica Fundamental (Fundamentals for Hypersonics). Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. **Ementa:** 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: ANDERSON, J. D. Modern Compressible Flow: with historical perspective. 3rd. ed. New York: McGraw-Hill, 2003. 760 p.; ANDERSON JR., J.D. Hypersonic and high temperature gas dynamics. New York, NY: McGraw-Hill Book Company, 1989. 690

p.; VICENT, W. G. e KRUGER Jr., C. H., *Introduction to Physical Gas Dynamics*, Krieger Pub. Co., 1982.

TE-245/2025 - Propulsão Hipersônica Aspirada II / Hypersonic Airbreathing Propulsion II

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: TE-243. Horas semanais: 2-1-0-6.

Ementa: 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:** ANDERSON, J. D. *Modern Compressible Flow: with historical perspective*. 3rd. ed. New: McGraw-Hill, 2003. 760p.; SHAPIRO, A. R. M. *The Dynamics and Thermodynamics of Compressible Fluid Flow*. New York: The Ronald Press Company, v. I, 1953. 332 p.; GLASSMAN, I.; YETTER, R. A.; GLUMAC, N. G. *Combustion*. 5th. ed. San Diego: Academic Press, 2014. 774 p.

TE-246/2025 - Hipersônica Experimental / Experimental Hypersonics

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 1-0-2-6.

Ementa: 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:** 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).; 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-251/2025 – Fundamentos De IA para o desenvolvimento de sistemas Aeroespaciais / AI Fundamentals For The Development Of Aerospace Systems

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

Ementa: Introdução aos fundamentos da Inteligência Artificial com ênfase em aplicações no setor aeroespacial. Estudo dos diferentes tipos de IA e posicionamento da Inteligência Artificial Generativa (GenAI) no contexto das tecnologias emergentes aplicáveis à

engenharia de sistemas complexos. Fundamentos de Processamento de Linguagem Natural (NLP) e arquiteturas de Modelos de Linguagem de Grande Porte (LLMs), com ênfase nos transformadores e no mecanismo de self-attention. Compreensão do funcionamento de LLMs por meio de conceitos como multi-head attention, prompt engineering, raciocínio estruturado (reasoning), distilação de conhecimento e fine-tuning supervisionado. Aplicações práticas de LLMs e GenAI em projetos aeroespaciais: suporte à engenharia de requisitos, automação de análises segurança, classificação de requisitos conforme critérios de certificação, apoio à documentação técnica e geração automatizada de relatórios. Criação de agentes inteligentes e chatbots especializados em sistemas complexos. Desenvolvimento de projetos práticos de IA Generativa. Discussão crítica sobre os impactos da adoção de GenAI na indústria aeroespacial: aspectos éticos, regulatórios, ambientais, sociais, econômicos e de segurança cibernética. Análise de riscos e de confiabilidade de sistemas baseados em IA generativa em ambientes de missão crítica. **Syllabus:** Introduction to the fundamentals of Artificial Intelligence, with an emphasis on applications in the aerospace sector. Overview of different types of AI and positioning of Generative Artificial Intelligence (GenAI) within the context of emerging technologies applicable to complex systems engineering. Fundamentals of Natural Language Processing (NLP) and Large Language Model (LLM) architectures, with emphasis on transformers and the self-attention mechanism. Understanding how LLMs operate through concepts such as multi-head attention, prompt engineering, structured reasoning, knowledge distillation, and supervised fine-tuning. Practical applications of LLMs and GenAI in aerospace projects: support for requirements engineering, automation of safety analyses, classification of requirements according to certification standards, support for technical documentation, and automated report generation. Development of intelligent agents and chatbots specialized in complex systems. Hands-on development of generative AI projects. Critical discussion on the impacts of GenAI adoption in the aerospace industry: ethical, regulatory, environmental, social, economic, and cybersecurity aspects. Risk and reliability analysis of GenAI-based systems in mission-critical environments. **Bibliografia:** Goodfellow, I., Bengio, Y., & Courville, A. (2016). Deep Learning. MIT Press.; OpenAI. (2023). Prompt Engineering Guide; ISO/IEC/IEEE 15288:2023 – Systems and Software Engineering – System Life Cycle Processes.

TE-252/2025 – Sistemas Nucleares / Nuclear Systems

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-1-6. **Ementa:** 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-253/2025 – Geração de Potência Nuclear no Espaço / Space Nuclear Power Generation

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-1-6.

Ementa: 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-255/2025 - Dinâmica de Voo e Segurança de Voo para Operações de Lançamento de Veículos Suborbitais/Flight Dynamics and Flight Safety for Suborbital Vehicle Launch Operations

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

Ementa: Visão geral da dinâmica de voo e atividade de segurança de voo em operações de lançamento; fundamentos da dinâmica de voo; simulação numérica da trajetória de veículos suborbitais; geração de trajetórias anômalas; fundamentos da segurança de voo; construção da Linha Limite de Impacto (ILL); preparação de procedimentos operacionais; Exemplos de trajetórias anômalas. **Syllabus:** Overview of flight dynamics and flight safety activity in launch operations; Fundamentals of flight dynamics; Numerical simulation of suborbital vehicles trajectory; Generation of anomalous trajectories; Fundamentals of flight safety; Construction of the Impact Limit Line (ILL); Preparation of operational procedures; anomalous trajectory examples. **Bibliografia:** AGÊNCIA ESPACIAL BRASILEIRA. Regulamento técnico da segurança para lançamento e voo. 2020. CURTIS, Howard D. Orbital mechanics for engineering students. 4. ed. Amsterdam: Butterworth-Heinemann, 2020. UNITED STATES. Federal Aviation Administration. Flight Safety Analysis Handbook - Version 1.0. Washington, D.C.: FAA, 2011

TE-260/2025 - Metodologia da Pesquisa Científica

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 2-1-0-2.

Ementa: 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. 2^a. ed. São Paulo: Paulus, 2008. v. 1. 200p. KÖCHE,

José Carlos. Fundamentos de metodologia científica: teoria da ciência e iniciação à pesquisa. 26º. ed. Petrópolis: Vozes, 200p. MALERBO, Maria Bernadete. e PELÁ, Nilda 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-261/2025 – Análise de Riscos Tecnológicos/ Technological Risk Analysis

Requisito recomendado: MOQ-13. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-4.

Ementa: 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.

Syllabus: Fundamentals of risk science; basic concepts: Risk, Hazard, Consequences and their natures, Uncertainty, specific and generalized knowledge, Safety, safety I, safety II, resilience engineering and high-reliability organizations. Presentation of the classic tools and methods for hazard and threat identification (HAZID, brainstorming, Delphi, PHA, pre-mortem, risk matrix, FMEA/FMECA, Hazop, Lopa) and modeling methods (FTA, ETA, ESD, BowTie, Petrinet); complex systems and theories and methods for modeling (FRAM, STAMP/STPA, SD-CLD). **Bibliografia:** BEDFORD, T.; COOKE, R. Probabilistic Risk Analysis – Foundations and Methods. Cambridge. 1st 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-262/2025 – Prospecção Tecnológica e Inteligência Competitiva

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: MB-263. Horas semanais: 3-0-0-3.

Ementa: 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 Wiley & Sons, 2011. TEIXEIRA, Aurora A.C. Technological Change. InTech, 2012.

TE-263/2025 – 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.

Ementa: 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. MÀRQUEZ, Crespo A. The Maintenance Management Framework. Springer, Spain, 2007. PASCUAL, Diego G. Artificial Intelligence Tools. CRC Press, FL, 2015.

TE-264/2025 – 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. **Ementa:** 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. McGrow-Hill, 2000.

TE-265/2025 – Engenharia de Sistema Baseada em Modelos

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 2-1-0-5. **Ementa:** 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-266/2025 - 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. **Ementa:** 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:** MARTINETTI, Alberto; MARQUES, Henrique Costa; SINGH, Sarjeet; 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.; 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.; 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>. Acesso em: 4 out. 2019.

TE-267/2025 – Fundamentos de Confiabilidade, Disponibilidade, Manutenibilidade e Segurança/ Fundamentals of Reliability, Availability, Maintainability and Safety

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

Ementa: Conceitos fundamentais: confiabilidade, disponibilidade, manutenibilidade, segurança, falhas, erros, aeronavaegabilidade 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. **Syllabus:** Fundamental concepts: reliability, availability, maintainability, safety, failures, errors, continued airworthiness, accident, incident, risk. Influence of reability and maintainability on availability and operational and support costs. Management of RAMS requirements. Reliability estimate. Software reliability. Reliability growth. Identification and analysis of maintenance requirements. The principles of simplification, standardization, and modularization. Fault diagnosis systems. Design criteria and systems archicture aiming at increasing availability. Dispatchability, optimization of reliability, availability, and cost. Security requirements for civil and military systems. Development security analysis techniques. The influence of operational, logistical and maintenance environments on RAMS indicators. Assessment of impacts on availability and costs of modifications and design options. Tradeoff analysis. **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-269/2025 – Tópicos em Operador 4.0/ Topics in Operator 4.0

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 2-0-0-4.

Ementa: Operadores 4.0: Novas Tecnologias e Ferramentas, Work 4.0 Estrutura de Design para o Operador 4.0, Indústria Ferroviária 4.0, Benefícios das Tecnologias da Indústria 4.0 para o Operador de Trem 4.0, Operador 4.0 no Setor de Manufatura, Fatores humanos na manutenção - Estudo de caso 1, Fatores humanos na manutenção - Estudo de caso 2, Discussão em Grupo e Exercício de Classe, Operador 4.0 no Setor de Aviação, Benefícios das Tecnologias da Indústria 4.0 para o Operador de Aviação 4.0 – Parte I, Benefícios das

Tecnologias da Indústria 4.0 para o Operador de Aviação 4.0 – Parte II, Fatores Humanos na Manutenção - Estudo de Caso 3, Workshop Operador 4.0 - Parte I, Workshop Operador 4.0 - Parte II, Workshop Operador 4.0 - Parte II, Discussão em Grupo e Considerações Finais. **Syllabus:** Operators 4.0 : New Technologies & Tools;Work 4.0 Design Framework for The Operator 4.0;Railway Industry 4.0;Benefits of Industry 4.0 Technologies for the Train Operator 4.0. Operator 4.0 in Manufacturing Sector;Human factors in Maintenance – Case Study 1; Human factors in Maintenance – Case Study 2;Group Discussion and Class Exercise;Operator 4.0 in Aviation Sector;Benefits of Industry 4.0 Technologies for the Aviation Operator 4.0 – Part I;Benefits of Industry 4.0 Technologies for the Aviation Operator 4.0 – Part II;Human Factors in Maintenance – Case Study 3;Workshop Operator 4.0 – Part I;Workshop Operator 4.0 – Part II;Workshop Operator 4.0 – Part II;Group Discussion and Final Remarks. **Bibliografia:** Alberto Martinetti, Henrique Costa Marques, Sarbjeet Singh and Leo van Dongen (2019), Reflections on the Limited Pervasiveness of Augmented Reality in Industrial Sectors, Applied Sciences, Vol. 9(16) 3382, pp. 1-11; Miltos Kyriakidis, Samuel Simanjuntak, Sarbjeet Singh, Arnab Majumdar (2019), The indirect costs assessment of railway incidents and their relationship to human error - The case of Signals Passed at Danger, Journal of Rail Transport Planning & Management, Vol 9, pp. 34-45; Dr. Sarbjeet Singh, Dr. Alberto Martinetti, Dr. Arnab Majumbar, Prof. Dr. Leo van Dongen, Transportation Systems-Managing Performance through Advanced Maintenance Engineering, Publisher: Springer (ISBN 978-981-329-323-6)

TE-270/2025 - Política e Direito Espacial/Space Policy and Law

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

Ementa: Panorama de Direito Internacional sobre espaço exterior. Política Espacial e Acordos multilaterais, bilaterais e organizações intergovernamentais. ONU: Comitê sobre os usos pacíficos do espaço exterior (COPUOS). Tratados de Direito Espacial e princípios. Desafios e oportunidades para novos atores espaciais. Soberania e jurisdição. Responsabilidade dos Estados e responsabilidade por danos. **Syllabus:** Overview of international law on outer space. Space Policy and Multilateral and bilateral agreements and intergovernmental organizations. ONU: The Committee on the Peaceful Uses of Outer Space (COPUOS). Space Law Treaties and principles. Challenges and Opportunities Facing New Space Actors. Sovereignty and jurisdiction. Responsibility of States and liability for damage. **Bibliografia:** BITTENCOURT NETO, Olavo de O.. DIREITO ESPACIAL CONTEMPORÂNEO: RESPONSABILIDADE INTERNACIONAL. 1. ed. CURITIBA: JURUÁ, 2011; 2- UNITED NATIONS OFFICE FOR OUTER SPACE AFFAIRS - UNOOSA. Committee on the Peaceful Uses of Outer Space Legal Subcommittee: Building Blocks for the Development of an International Framework for the Governance of Space Resource Activities: A Commentary. 28 March–8 April 2022. Viena - Áustria, Disponível

em:<https://boeken.rechtsgebieden.boomportaal.nl/publicaties/9789462361218#152>. Acesso em: 01 mar. 2022; 3- UNITED NATIONS OFFICE FOR OUTER SPACE AFFAIRS - UNOOSA. Space Law:Treaties and Principles. Viena - Áustria, 2022. Disponível em: <https://www.unoosa.org/oosa/en/ourwork/spacelaw/treaties.html>. Acesso em: 01 mar. 2022.

TE-272/2025 - Investigação e análise de Acidentes Aeroespaciais/ Aerospace Accidents investigation and analysis

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

Ementa: O objetivo das investigações de acidentes. - Investigação como parte de um

sistema sistemático de gestão de segurança. - Teorias e modelos de acidentes - Exame e aprendizagem de eventos na prática. Métodos de coleta de dados - Métodos de análise de acidentes - Aprendizagem após incidentes. Investigação em sistemas sociotécnicos complexos. Casos práticos de cenários aeroespaciais, de aviação, controle de tráfego aéreo, naval e industrial. **Syllabus:** The purpose of accident investigations. - Investigation as part of a systematic safety management system. - Accident theories and models - Examination and learning of events in practice. - Methods of data collection - Methods of accident analysis - Learning after incidents. Investigation in complex socio-technical systems. Practical cases of aerospace, aviation, air traffic control, naval and industrial scenarios. **Bibliografia:** Conklin, Todd. Pre-Accident Investigations: An Introduction to Organizational Safety. CRC Press; 1^a edição (5 setembro 2012);P. Katsakiori, G. Sakellaropoulosb, and E. Manatakisa, Towards an evaluation of accident investigation methods in terms of their alignment with accident causation models, *Saf Sci* 47 (2009),1007– 1015;Yousefi, A., Rodriguez Hernandez, M. and Lopez Peña, V. (2019), Systemic accident analysis models: A comparison study between AcciMap, FRAM, and STAMP. *Proc. Safety Prog.*, 38:e12002. <https://doi.org/10.1002/prs.12002>

TE-274/2025 – Pesquisa Operacional aplicada a problemas de suportabilidade/ Operational Research Applied to supportability Problems

Requisito recomendado: MB-249 Requisito exigido: PO-201 Horas semanais: 3-0-0-6.

Ementa: Probabilidade e impacto dos problemas de suporte; processos e programação de manutenção e do reparo; cálculo do impacto das mudanças no sistema; problema da programação da manutenção preventiva; decisões sobre internalizar ou não a manutenção de 3.º nível; plano de manutenção resiliente com otimização e aprendizado de máquina; problema de planejamento de voos e manutenção; impacto de atrasos e cancelamentos em rotas operacionais para fins de minimização do risco; problema de roteamento e manutenção de aeronaves para frotas compartilhadas; problema da otimização do leiaute de uma instalação para manutenção de aeronaves; otimização da localização de instalações de manutenção da frota; otimização de estoques de peças sobressalentes; estimativas de abastecimento por meio de aprendizado de máquina; simulação dos processos internos de suprimento e otimização de leiaute; otimização da localização de instalações de distribuição; problema de roteirização, carga e descarga como fator impactante da suportabilidade; decisões multicritério na cadeia de suprimento e na seleção de fornecedores; problema da gestão de obsolescência; decisão sobre o uso da programação linear, inteira, mista, relaxação linear, relaxação lagrangiana e sobre o uso de heurísticas.

Syllabus: Likelihood and impact of support issues; maintenance and repair processes and scheduling; calculating the impact of system changes; preventive maintenance scheduling problems; decisions on whether or not to internalize 3rd level maintenance; resilient maintenance plan with optimization and machine learning; flight planning and maintenance problems; the impact of delays and cancellations on operational routes for risk minimization purposes; aircraft routing and maintenance problem for shared fleets; problem of optimizing the layout of an aircraft maintenance facility; optimization of the location of fleet maintenance facilities; optimization of spare parts inventories; supply estimates through machine learning; simulation of internal supply processes and layout optimization; optimization of the location of distribution facilities; routing problems, loading, and unloading as a factor impacting supportability; multicriteria decisions in the supply chain and in the selection of suppliers; obsolescence management problem; decision on the use of linear, integer, mixed programming, linear relaxation, Lagrangian relaxation, and the use of heuristics.**Bibliografia:** ARENALES, M., ARMENTANO, V.,

MORABITO, R. e YANASSE, H., Pesquisa Operacional para cursos de engenharia, Ed. Campus, 2007.; James V. Jones. Supportability Engineering Handbook: Implementation, Measurement and Management. ISBN 978-0071475730; Adiel Teixeira De Almeida, Cristiano Alexandre Virgílio Cavalcante, e outros.. Multicriteria and Multiobjective Models for Risk, Reliability and Maintenance Decision Analysis. ISBN 3319179683.;

TE-275/2025 – Modelagem e Simulação de Sistemas Complexos/ Complex Systems' Modelling and Simulation

Requisito recomendado: MB-249 Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. **Ementa:** Engenharia de Sistemas Baseada em Modelos (MBSE); Pensamento sistêmico; Arquitetura e estruturação de modelos; Tipos de modelos; Escopo, restrições e métricas de modelos; Verificação e Validação (V&V); Modelagem estática utilizando ©Microsoft Excel e ©Systecon OPUS10; Fundamentos de Simulação; Modelagem em simulação; Tipos de Simulação; Simulação baseada em eventos discretos; Simulação baseada em agentes; Simulação baseada em dinâmica de sistemas; Simulação híbrida; Otimização baseada em simulação. Aplicação e estudos de caso utilizando ©Anylogic, ©Systecon SIMLOX e © Rockwell Arena; **Syllabus:** Model-Based Systems Engineering (MBSE); Systems thinking; Model architecture and structure; Model types; Model's scope, constraints and metrics; Verification and Validation (V&V); Static modelling with ©Microsoft Excel and ©Systecon OPUS10; Simulation basics; Simulation Modelling; Types of Simulation; Discrete-Event Simulation; Agent-Based Simulation; System Dynamics Simulation; Hybrid Simulation; Simulation-based Optimization; case studies with ©Anylogic, © Systecon SIMLOX and ©Rockwell Arena. **Bibliografia:** BIRTA, L.G.; ARBEZ, G. Modelling and Simulation: Exploring Dynamic System Behaviour. 3 ed. New York: Springer, 2020, 868 p.; GOSAVI, A. Simulation-Based Optimization: Parametric Optimization Techniques and Reinforcement Learning. 2 ed. New York: Springer, 2015, 508 p.; STERMAN, J.D. Business Dynamics: Systems thinking and modeling for a complex world. McGraw-Hill, 2000, 1008 p.;

TE-276/2025 - Introdução à Modelagem e Simulação de Defesa/ Introduction to Defense Modeling and Simulation

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. **Ementa:** Conceitos básicos em modelagem e simulação. Desenvolvimento de modelos: modelagem conceitual e implementação de códigos executáveis. Verificação, Validação e Acreditação (VV&A) de modelos e simulações. Protocolos de interoperabilidade em simulação: Distributed Interactive Simulation (DIS) e High Level Architecture (HLA). Ferramentas de simulação de defesa: Mixed Reality Simulation Platform (MIXR) e Ambiente de Simulação Aeroespacial (ASA). Modelos de sistemas de defesa do domínio aéreo: aeronaves, radares e armamentos. Modelos de tomada de decisão para agentes da simulação: árvores de comportamento. Métricas para avaliação de resultados. Simulações em lote: delineamento de experimentos computacionais. Métodos de análise de resultados de simulações. **Syllabus:** Basic concepts in modeling and simulation. Model development: conceptual modeling and implementation of executable code. Verification, Validation, and Accreditation (VV&A) of models and simulations. Simulation interoperability protocols: Distributed Interactive Simulation (DIS) and High-Level Architecture (HLA). Defense simulation tools: Mixed Reality Simulation Platform (MIXR) and Aerospace Simulation Environment (ASA). Models of defense systems in the air domain: aircraft, radars, and weapons. Decisionmaking models for simulation agents: behavior trees. Metrics for evaluating results. Batch simulations: design of computational experiments. Methods for

analyzing simulation results. **Bibliografia:** J. A. Sokolowski, C. M. Banks, "Principles of Modeling and Simulation: A Multidisciplinary Approach", 1st Edition, John Wiley & Sons, Hoboken NJ, 2009.; J. A. Sokolowski, C. M. Banks, "Modeling and Simulation Fundamentals: Theoretical Underpinnings and Practical Domains", 1st Edition, John Wiley & Sons, Hoboken NJ, 2010; J. P. A. Dantas, A. N. Costa, V. C. F. Gomes, A. R. Kuroswiski, F. L. L. Medeiros and D. Geraldo, "ASA: A Simulation Environment for Evaluating Military Operational Scenarios", In The 20th International Conference on Scientific Computing (CSC'22). The 2022 World Congress in Computer Science, Computer Engineering & Applied Computing (CSCE'22).

TE-277/2025 – Programação Linear na Elicitação de pesos para problemas multicritério/ Linear Programming in weight elicitation for multicriteria problems

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: PO-201. Horas semanais: 1-0-0-2.

Ementa: Apoio a Decisão Multicritério (MCDA); Significado de pesos para métodos compensatórios e não compensatórios e procedimentos clássicos de elicitação; Modelagem de Problemas de Programação Linear (PPL) na exploração do espaço de pesos; Definições de relações de dominância com PPL; Métodos multicritério de informação incompleta com uso de PPL; Outros usos da Programação Linear em MCDA. **Syllabus:** Multicriteria Decision Aid (MCDA); Meaning of weights for compensatory and non-compensatory methods and classic elicitation procedures; Modeling of Linear Programming Problem (LPP) in the exploration of weight space; Definitions of dominance relationships with LPP; Multicriteria methods of incomplete information using LPP; Other uses of linear programming in MCDA. **Bibliografia:** ALMEIDA A.T. Processo de Decisão nas Organizações – Construindo modelos de decisão multicritério, Atlas, 2013, 231 p.; DE ALMEIDA, A. T., ALMEIDA, J.A., COSTA, A. P. C. S., ALMEIDA-FILHO, A.T. A New Method for Elicitation of Criteria Weights in Additive Models: Flexible and Interactive Tradeoff. European Journal of Operational Research, 250(1): 179-191, 2016.; DE ALMEIDA, AT, FREJ, E.A., ROSELLI, L.R.P. Combining Holistic and Decomposition Paradigms in Preference Modeling with the Flexibility of FITradeoff. Central European Journal of Operations Research, 29, 7-47, 2021.

TE-278/2025 – Introdução ao Pensamento Sistêmico/Introduction to System Thinking

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

Ementa: Introdução ao Pensamento Sistêmico e Complexidade. Estrutura de Sistemas e Comportamentos. Arquétipos de Sistemas. Comportamentos dinâmicos dos Sistemas - Estruturas de Feedback. Mapeamento de Sistemas. Pontos de Alavancagem para Intervenção em um sistema. Liderança sistêmica. Aplicações do pensamento Sistêmico.

Syllabus: Introduction to Systemic and Complexity Thinking. System Structure and Behavior. System Archetypes. Feedback Structures - Dynamic Behaviors of Systems. System mapping. Leverage points to intervene in a system. Systemic Leadership. Applications of Systemic Thinking. **Bibliografia:** Meadows, Donella H. Thinking in systems. White River Junction: Chelsea Green, 2008.; Jackson M. C. Systems Thinking: Creative Holism for Managers. Wiley: Chichester. 2003.; Checkland, P. B. System Thinking, System Practice: Including a 30 Year Retrospective, John Wiley & Sons, Chichester, 1999.

TE-280/2025 – Análise de Segurança e Riscos em Laboratórios

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 2-0-1-4.

Ementa: 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, 2^a 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-282/2025 - Meta-Heurística / Metaheuristics

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-2-0-6. **Ementa:** 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. Jhon 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-283/2025 – Processamento de Cerâmicas Magnéticas / Ceramic Material Processing

Requisito recomendado: MT-201 ou equivalente. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-2-3. **Ementa:** 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:** GOLDMAN, A., Modern Ferrite Technology. Springer, 2006.; VALENZUELA. R., Magnetic Ceramics. Cambridge University Press, 1994.; REED, J. S. Principles of Ceramic Processing. John Wiley & Sons, 1995.

TE-284/2025 - 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. **Ementa:** 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:** 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.; A Guide to the characterization of dielectric materials at RF and microwave frequencies, National Physical Laboratory, Institute of Measurements and Control, 2003.; F.F.SIZOV, Infrared and Terahertz in biomedicine, Quantum Electronic & Optoelectronic, 2017.V20, No.3 p273-283.

TE-285/2025 - Sensores para Aplicações Espaciais I / Sensors for Space Application I

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-1-0-6.

Ementa: 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-286/2025 - Sensores II / Sensors II

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: TE-285. Horas semanais: 3-0-1-4.

Ementa: 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-287/2025 – 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. **Ementa:** 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-288/2025 – 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. **Ementa:** 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-289/2025 – Dispositivos e Sensores Fotônicos Integrados / Integrated Photonic Devices and Sensors

Requisito recomendado: EC-212 Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. **Ementa:** 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-290/2025 - Materiais Cerâmicos Magnéticos Avançados / Advanced Magnetic Ceramics

Requisito recomendado: MT-281. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 2-3-1-2.

Ementa: 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, Antiferro-magnetismo, 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-Orbital 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-291/2025 - Microscopia de Força Atômica Aplicada em Amostras Cerâmicas Microestruradas/ Atomic Force Microscopy Applied to Microstructured Ceramic Samples

Requisito recomendado: TE-283. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-2-3.

Ementa: Apresentação da Técnica; Apresentação do equipamento; Técnica de Microscopia por Varredura de Sonda; Microscopia de Força Atômica: Modo Contato e Modo Intermítente; Microscopia por Modulação de Força; Microscopia por Força Lateral, Microscopia por Modulação de Força; Microscopia por Força Magnética; Microscopia por Força Eletrostática; Microscopia por Força Kelvin; Projetos; Apresentação de Projetos.

Syllabus: Presentation of the Technique; Presentation of the equipment; Scanning Probe Microscopy Technique; Atomic Force Microscopy - AFM: Contact Mode – DC and Intermittent Contact Mode - AC; Force Modulation Microscopy - FMM; Lateral Force Microscopy - LFM; Magnetic Force Microscopy - MFM; Electrostatic Force Microscopy - EFM; Kelvin Force Microscopy - KFM; Projects; Project Presentation. **Bibliografia:** MEYER, Ernest, HUG, Hans Josef, BENNEWITZ, Roland, Scanning Probe Microscopy:

The Lab on a Tip, Springer, NY, 2004, ISSN 1439-2674, ISBN 978-3-642-07737-1; WIESENDANGER, Roland, Scanning Probe Microscopy: Analytical Methods, Springer, NY, 1998, ISSN 1434-4904, ISBN 978-662-03606-8; Agilent Technologies 5420 Scanning Probe Microscope – Users Guide, 2012

TE-294/2025 - 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.

Ementa: 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, Sparce 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-296/2025 - 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.

Ementa: 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-297/2025 – 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. **Ementa:** 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-299/2025 – Inteligência Artificial aplicada ao Sensoriamento Remoto / Artificial Intelligence applied to Remote Sensing

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-2-3. **Ementa:** Fundamentos de IA e Aprendizado de Máquina, Plataformas Computacionais e Ferramentas de IA, Processamento de Imagens e Dados de Sensoriamento Remoto, Tipos de Aprendizado e Classificação de Imagens, Redes Neurais Profundas e Modelos Avançados de ML, Detecção de Mudanças e Análise Temporal, Fusão de Dados Multissensores, Estudos de Caso e Aplicações. **Syllabus:** Fundamentals of AI and Machine Learning, Computational Platforms and AI Tools, Image Processing and Remote Sensing Data, Types of Learning and Image Classification, Deep Neural Networks and Advanced ML Models, Change Detection and Temporal Analysis, Multisensor Data Fusion, Case Studies and Applications. **Bibliografia:** GOODFELLOW, I. BENGIO, Y. e COURVILLE, A. Deep Learning. Cambridge, MA, USA: The MIT Press, 2016. 775 p.; JENSEN, John R. Sensoriamento Remoto do Ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres. São José dos Campos: Parêntese, 2009; NOVO, Evelyn L. de Moraes. Sensoriamento remoto: princípios e aplicações. 4^a ed. São Paulo: Blucher, 2010.

TE-301/2025 e TE-302 - Seminário de Tese / Thesis Seminar

Requisito recomendado: Não á. Requisito exigido: TE-260. Horas semanais: 1-0-0-1. **Ementa:** 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:** ZILLES, Urbano. Teoria do Conhecimento e Teoria da Ciência. 2^a. ed. São Paulo: Paulus, 2008. v. 1. 200p.; KÖCHE, José Carlos. Fundamentos de metodologia científica: teoria da ciência e iniciação à pesquisa. 26^o. ed. Petrópolis: Vozes, 200p.

TE-480/2025 - Tomada de Decisão Naturalista no contexto aeronáutico / Naturalistic Decision Making in the Aeronautical Context

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 1-0-0-3. **Ementa:** Principais teorias da decisão naturalista. Perceptual Cycle Model, Recognition-Primed Decision Model e Decision Ladder. Métodos de elicitação do conhecimento - Critical decision Making - CDM, análise temática indutiva e dedutiva. Estudos de Acidentes aeronáuticos. **Syllabus:** Main theories of naturalistic decision. Perceptual Cycle Model, Recognition-Primed Decision Model and Decision Ladder. Knowledge elicitation methods - Critical decision Making - CDM, inductive and deductive thematic analysis. Aeronautical Accident Studies. **Bibliografia:** Plant, K.L.; Stanton, N.A. Distributed Cognition and Reality: How pilots and crews make decisions. CRC Press, 2016. Stanton, n.A.; Salmon, P.M.; Rafferty, L.A.; Walker, G.H.; baber, c.; Jenkins, D.P. Human Factors Methods: A practical Guide for Engineering and design. Ashgate, 2nd Edition. 2013; Klein G, Orasanu J, Calderwood R, Zsambok caroline E. Decision Making in Action: models and Methods. Norwood: Ablex Publishing Corporation; 1993.

TE-481/2025 - Gestão Sistêmica / Systemic Management

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-4. **Ementa:** Introdução a Teoria de Sistemas, Cibernética Organizacional e Teoria da Complexidade. Inteligência Organizacional em Terminologia Sistémica. Gestão da Complexidade. Organização Inteligente - Um Framework Sistémico. Modelo de Controle Sistémico (MSC), Modelo de Sistemas Viáveis (VSM), Modelo de Sintegridade de Equipes (TSM). Análise e discussão de aplicações a partir dos conceitos anteriores. **Syllabus:** Introduction to General Systems\theory, Organizational Cybernetics and Complexity Theory. Organizational Intelligence in Systemic Terms. Managing Complexity. Intelligent Organization – A Systemic Framework. Model of Systemic Control (MSC), Viable Systems Model (VSM), Team Syntegrity Model (TSM). Analysis and discussion of applications from prior concepts. **Bibliografia:** SCHWANINGER M. Intelligent Organizations – Powerful Models for Systemic Management, , Springer, Second edition, 2009. JACKSON M.C. Critical Systems Thinking and the Management of Complexity – Responsible Leadership for a complex world, John Wiley and Sons, 2019. ESPEJO R.; REYES A. Organizational Systems: Managing Complexity with the Viable System Model (English Edition), Springer Berlin Heidelberg; 1^a edição., 2011.

8. PESQUISA OPERACIONAL (PG/PO)

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", "Gestão e Apoio a Decisão" e "Ciência de Dados".

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.

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.

Outras informações estão no site <http://www.unifesp.br/campus/sjc/ppgpo>

8.1 Áreas de Concentração e Linhas de Pesquisa

O PG/PO não possui áreas de concentração. As linhas de pesquisa são as seguintes:

Métodos de Otimização:

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.

Docentes credenciados:

<https://www.unifesp.br/campus/sjc/docentes-ppgpo/metodos-de-otimizacao.html>

Gestão e Apoio à Decisão:

Esta linha agrupa as pesquisas que focam em estratégias, eficiência, estruturação, estatística, para o apoio a tomada de decisões.

Docentes credenciados:

<https://www.unifesp.br/campus/sjc/docentes-ppgpo/gestao-e-apoio-a-decisao.html>

Ciência de Dados:

Esta linha agrupa as pesquisas que focam em extrair conhecimento a partir de novas fontes de dados combinadas com técnicas de análise e processamento aplicada em áreas como medicina, governança e economia.

Docentes credenciados:

<https://www.unifesp.br/campus/sjc/docentes-ppgpo/docentescienciadedados.html>

8.2 Coordenadora

Coordenador do PG/PO | Mariá Cristina Vasconcelos Nascimento Rosset

8.3 Corpo Docente

8.3.1 Corpo Docente Permanente

Ana Carolina Lorena, PO

Ciências da Computação.

(e-mail: ana.lorena@gp.ita.br)

Antonio Augusto Chaves, PO

Pesquisa Operacional, Problemas de Otimização Combinatória, Formulações Matemáticas, Heurísticas e Metaheurísticas.

(e-mail: antonio.chaves@unifesp.br)

Carlos Henrique Costa Ribeiro, PO

Engenharia da Computação com ênfase em Inteligência Artificial.

(e-mail: carlos.ribeiro@gp.ita.br)

Elton Sbruzzi, PO

Ciência da Computação, Computational Finance.

(e-mail: elton.sbruzzi@gp.ita.br)

Filipe Alves Neto Verri, PO

Ciência de dados, aprendizado de máquina, redes complexas e sistemas complexos.

(e-mail: filipe.verri@gp.ita.br)

Horacio Hideki Yanasse, PO

Engenharia de Produção, com ênfase em Pesquisa Operacional.

(e-mail: horacio.yanasse@gp.ita.br)

Juliana Garcia Cespedes, PO

Probabilidade e Estatística, com ênfase em Inferência Bayesiana.

(e-mail: jcespedes@unifesp.br)

Luís Felipe Cesar da Rocha Bueno, PO

Otimização Não Linear, Métodos Numéricos e Aplicações.

(e-mail: l.bueno06@unifesp.br)

Luiz Antonio Nogueira Lorena, PO

Engenharia de Produção, com ênfase em Pesquisa Operacional.

(e-mail: luizlorena54@gmail.com)

Luiz Leduino de Salles Neto, PO

Matemática Aplicada e Computacional, com ênfase em Pesquisa Operacional.

(e-mail: luiz.neto@gp.ita.br)

Marcelo Wilson Berbone Furlan Alves, PO

Mudanças Climáticas, Adaptação ao Clima, Cidades Sustentáveis e Desenvolvimento Humano.

(e-mail: marcelofurlan@ita.br)

Marcos Ricardo Omena de Albuquerque Maximo, PO

Robótica Móvel, Sistemas Autônomos, Inteligência Artificial, Controle

(e-mail: marcos.maximo@gp.ita.br)

Mariá Cristina Vasconcelos Nascimento Rosset, PO

Engenharia de Produção, Pesquisa Operacional, Especialidade: Teoria dos Grafos.

(e-mail: maria.nascimento@gp.ita.br)

Mischel Carmen Neyra Belderrain, PO

Produção, com ênfase em Pesquisa Operacional.

(e-mail: mischel.carmen@gp.ita.br)

Nei Yoshihiro Soma, PO

Engenharia de Produção, Pesquisa Operacional.

(e-mail: nei.soma@gp.ita.br)

Paulo Andre Lima de Castro, PO

Inteligência artificial com ênfase em Sistemas Multiagentes.

(e-mail: paulo.andre@gp.ita.br)

Renato Cesar Sato, D.C., USP, 2010.

Microeconomia e Gestão Tecnológica.

(e-mail: rsato@unifesp.br)

Sanderson Lincoln Gonzaga de Oliveira, PO

Ciência da Computação, Matemática Aplicada, Otimização Combinatória e Pesquisa Operacional.

(e-mail: anderson.oliveira@unifesp.br)

Vitor Venceslau Curtis, PO

Análise e Desenvolvimento de Algoritmos e suas Aplicações.

(e-mail: vitor.curtis@gp.ita.br)

8.3.2 Professor Colaborador

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)

Jônatas Araújo de Almeida, PO

Gestão da Informação, Gestão Organizacional de Projetos, Gestão e Seleção de Portfólio, Modelos de Decisão, Decisão Multicritério.
(e-mail: jonatasaa@yahoo.com.br)

Leandro Callegari Coelho, U. Lával

Engenharia de Produção, com ênfase em Pesquisa Operacional
(e-mail: Leandro.cc@gmail.com)

Mauricio Guilherme de Carvalho Resende, Amazon

Métodos heurísticos para otimização combinatória e otimização aplicada à problemas na área das telecomunicações e logística de transportes.
(e-mail: mresende@gmail.com)

Michel Carlo Rodrigues Leles, PO

Data Science, especialmente na análise de séries temporais, processamento de linguagem natural, e finanças computacionais
(e-mail: michel.leles@gmail.com)

8.4 Disciplinas

a) Disciplinas Obrigatórias

Sigla	Título	Crédito Máximo
PO-201	Introdução à Pesquisa Operacional */**	3
PO-202	Programação Linear **	3

b) Disciplinas Eletivas

Sigla	Título	Crédito Máximo
CE-265	Processamento Paralelo	3
CE-266	Ontologia e Modelagem de Dados	3
CT-208	Matemática da Computação	3
CT-236	Redes Sociais Complexas	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 Modelagem Matemática/ 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-218	Investimentos	3
PO-220	Gerência de Operações e Logística	3
PO-221	Otimização sob Incerteza	3
PO-230	Simulação / Simulation	3

PO-232	Algoritmo em Grafos	3
PO-233	Aprendizado de Máquina	3
PO-234	Algebra Linear Computacional	3
PO-235	Projeto de Ciência de Dados	3
PO-236	Inteligência Artificial aplicada à Finanças	3
PO-237	Projeto de Inteligência Artificial em Finanças	3
PO-240	Tópicos Avançados em PO: Economia de Empresas	3
PO-241	Tópicos de Pesquisa Operacional: Computação Quântica e Otimização Combinatória, Uma Introdução / Operations Research Topics: - Quantum Computing and Combinatorial Optimization: An Introduction	3
PO-242	Tópicos de Pesquisa Operacional - Aprendizado em Metaheurísticas: Abordagens e Tendências / Operations Research Topics: - Learning in Metaheuristics: Approaches and Trends	3
PO-243	Tópicos Avançados em PO: Fundamentos em Inteligência Artificial	3
PO-244	Tópicos Avançados em PO: Introdução à Inferência Bayesiana	3
PO-247	Mudanças Climáticas e Desafios para Gestão Urbana Sustentável	3
PO-248	Tópicos Avançados em PO : Organização Industrial	3
PO-249	Tópicos Avançados em PO: Introdução às Redes Neurais Artificiais e aos Grandes Modelos de Linguagem	3
PO-301	Seminário de Tese I	1
PO-302	Seminário de Tese II	0
PO-500	Tese †	0
PO-601	Estudos Dirigidos I	3
PO-602	Estudos Dirigidos II	0
PO-603	Estágio Docêncio	0

8.5 Ementas

A carga horária semanal das disciplinas abaixo é representada por quatro números separados por um hífen. O primeiro representa 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; o quarto, o número de horas estimadas para estudo em casa, necessárias para acompanhar a disciplina. Cada período letivo compreende 16 semanas de aulas.

CE-265/2025 – Processamento Paralelo

Requisito recomendado: CES-25 ou disciplina equivalente. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. **Ementa:** 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-208/2025 - Matemática da Computação

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. **Ementa:** 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-236/2025 - Redes Sociais Complexas

Requisito recomendado: CT-234 ou equivalente. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 1-0-2-6. **Ementa:** 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.

PO-201/2025 – Introdução a Pesquisa Operacional/ Introduction to Operations Research

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-1-0-6. **Ementa:** Tomada de decisão e modelos matemáticos. Modelagem de otimização linear. Otimização linear contínua e o método Simplex (primal e dual). Otimização linear discreta. Problemas de otimização combinatória. Métodos de otimização linear discreta. Otimização em redes. Programação dinâmica. Heurísticas e metaheurísticas. Aplicações em Ciência de Dados. **Syllabus:** Decision making and mathematical models. Linear optimization modelling. Continuous linear optimization and Simplex method (primal and dual). Discrete linear optimization. Combinatorial optimization problems. Discrete linear optimization methods. Network optimization. Dynamic programming. Heuristics and metaheuristics. Applications in Data Science. **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-202/2025 - Programação Linear/ Linear Programming

Requisito recomendado: PO-234 E MAT-27. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-1-0-6. **Ementa:** Introdução: Definição e exemplos de aplicações da programação linear.

Teoria básica: propriedades relativas à factibilidade e à Optimalidade 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. **Syllabus:** Introduction: Definition and examples of Linear Programming applications. Basic theory: properties related to feasibility and optimality of the solutions. Primal methods: simplex and interior point methods. Duality in linear programming. Dual methods: dual-simplex, primal dual and interior point methods. **Bibliografia:** Luenberger, D. G.; Ye, Y. – Linear and Nonlinear Programming – 3^a edição (2016), Springer; Griva, I.; Nash, S. G.; Sofer, A. – Linear and Nonlinear Optimization – 2^a edição (2009), SIAM.; BAZARAA, M. S.; JARVIS, J. J.; SHERALI, H. D. Linear Programming and Network Flows, Wiley Interscience, 2005.

PO-203/2025 - Programação Inteira/ Integer Programming

Requisito recomendado: PO-201, PO-202 e CES-10. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-1-0-6. **Ementa:** Modelagem. Estrutura de Otimização Inteira: teoria poliédral, 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. **Syllabus:** Modeling. Integer Optimization Structure: polyhedral theory, formulations and complexity, optimality, relaxations and bounds. Problems well resolved. Full unimodularity. Exact algorithms: implicit enumeration, branch-and-bound, branch-and-cut, Lagrangian relaxation, strong valid inequalities. Applications and heuristics. **Bibliografia:** Tópicos em otimização inteira/organizadores, Ana Flávia Uzeda Macambira, Ludi Simonetti, Rosiane de Freitas Rodrigues, Nelson Maculan. – Rio de Janeiro : Ed. UFRJ, 2022; WOLSEY, L. A. Integer Programming. 2^a ed. Wiley, 2020.; NEMHAUSER, G.; WOLSEY, L. Integer and Combinatorial Optimization. Wiley, 1988.

PO-204/2025 - Programação Não Linear / Non-Linear Programming

Requisito recomendado: MAT-27 OU PO-234,CES-10 Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-1-0-6. **Ementa:** 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 GaussNewton, Problemas de Mínimos Quadrados, Métodos de Gradientes Conjugados, Métodos Quasi-Newton), Otimização Sobre um Conjunto Convexo (Condições de Optimalidade, 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 - 3^a edição (2016), Springer; Griva, I.; Nash, S. G.; Sofer, A. - Linear and Nonlinear Optimization - 2^a edição (2009), SIAM; FRIEDLANDER, A. Elementos de Programação Não-Linear. Editora Unicamp. Campinas - São Paulo, 1994

PO-205/2025 - Meta-Heurísticas em Otimização Combinatória/ Meta-Heuristics in Combinatorial Optimization

Requisito recomendado: CES-10, PO-201. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-1-0-6. **Ementa:** 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. **Syllabus:** Techniques for solving combinatorial optimization problems: classical and metaheuristics. Main metaheuristics: Simulated Annealing, Tabu Search, Iterative Local Search, Variable Neighborhood Search, Adaptive Random and Greedy Search Procedures, Genetic Algorithms, Scattered Search, Ant Colony, among others. Applications of metaheuristics to combinatorial problems: Salesman, Backpack, Vehicle Routing, Task Allocation and Sequencing, Location, Cutting and Packing. **Bibliografia:** Handbook of Metaheuristics (2nd edition) Michel Gendreau and Jean-Yves Potvin (eds) New York: Springer, 2010; Gonzalez, T. F. (2007). Handbook of Approximation Algorithms and Metaheuristics. Chapman and Hall/CRC.; RESENDE, M. G.; SOUZA, J.P. Metaheuristics: Computer Decision-Making. Springer (2004)

PO-207/2025 – 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. **Ementa:** 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-210/2025 - Probabilidade e Estatística/ Probability and Statistics

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-1-0-3. **Ementa:** 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. Estimação 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. **Syllabus:** Classical concept and probability frequency. Conditional probability and independence of events. Bayes' theorems and total probability. Discrete and continuous random variables. Mass, density, and cumulative distribution functions. Expected value and variance. Markov and Chebyshev inequalities. Discrete random variables: Bernoulli, Binomial, Geometric and Poisson. Continuous random variables: Negative exponential, Normal and Weibull. Moments and moment generating function. Functions of random variables. Joint random variables, joint and marginal distribution function. Statistical independence, covariance and correlation coefficient. Random samples. Central Limit Theorem. Point estimation of parameters. Methods of moments and maximum likelihood. Chi-square, Student's t and Snedecor's F random variables. Confidence intervals. One-dimensional hypothesis tests. Hypothesis tests between parameters of different populations. **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 Engineers and Scientists, 4th Ed., Pearson, 2011.

PO-211/2025 – Métodos de Estruturação de Problemas

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. **Ementa:** 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-212/2025 - Análise de Decisão / Decision Analysis

Requisito recomendado: MOQ-13. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. **Ementa:** 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 Multiattribute 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 Multiattribute Rating Technique (SMART); applications in planning, conflict resolution, portfolio management and resource allocation. **Bibliografia:** BELTON, V; STEWART, T.J. Multiple Criteria Decision Analysis. Kluwer Academic Publishers, 2002, 400 p.; EINSEFUHR F.; WEBER M.; LANGER T. Rational Decision Making, Springer, 2010, 447 p.; ALMEIDA A.T. Processo de Decisão nas Organizações – Construindo modelos de decisão multicritério, Atlas, 2013, 231 p.

PO-213/2025 – Econometria Aplicada/ Applied Econometrics

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: PO-210 (ou MOQ-13) Probabilidade e Estatística. Horas semanais: 3-1-0-6. **Ementa:** 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, Estimação de Variáveis Instrumentais e mínimos quadrados de dois estágios, Modelos de Equações Simultâneas, Modelos com variáveis dependentes limitadas e correções da seleção amostral. **Syllabus:** 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-218/2025 – Investimentos/ Investments

Requisito recomendado: PO-210. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-4. **Ementa:** Introdução aos mercados financeiros e ativos financeiros. Eficiência de mercado e hipóteses associadas. Determinação das taxas de juros e precificação intertemporal. Valor presente e taxa de desconto. Princípio da não-arbitragem e fundamentos da precificação de ativos. Modelo de Precificação de Ativos Financeiros (CAPM) e Teoria de Carteiras de Markowitz. Modelo de Fatores Medidas de risco e retorno esperado. Estrutura a termo das taxas de juros. Precificação de derivativos: princípios básicos e arbitragem. Introdução às opções, futuros e swaps. Valor em Risco (VaR) e gestão de riscos. **Syllabus:** Introduction to financial markets and financial assets. Market efficiency and associated hypotheses. Determination of interest rates and intertemporal pricing. Present value and discount rate. The no-arbitrage principle and fundamentals of asset pricing. Capital Asset Pricing Model (CAPM) and Markowitz Portfolio Theory. Factor models. Measures of risk and expected return. Term structure of interest rates. Derivative pricing: basic principles and arbitrage. Introduction to options, futures, and swaps. Value at Risk (VaR) and risk management. **Bibliografia:** BODIE, Z.; KANE, A.; MARCUS, A. Investments. 13^a Edição. McGraw-Hill, 2024.; MUNN, Z.; DAHLQUIST, K. Fundamentals of Investments: Valuation and

Management. 9th Edition. McGraw-Hill, 2022.; ELTON, E. J.; GRUBER, M. J.; BROWN, S. J.; GOETZMANN, W. N. Modern Portfolio Theory and Investment Analysis. 9th Edition. Wiley, 2014.

PO-220/2025 - Gerência de Operações e Logística

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: PO-201 ou equivalente. Horas semanais: 3-1-0-3. **Ementa:** 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, 4^a 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-221/2025 - Otimização sob Incerteza

Requisito recomendado: PO-201. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-1-0-6. **Ementa:** 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 optimização 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, Optmization models using fuzzy sets and possibility theory. Vol. 4. Springer Science & Business Media, 2013.

PO-230/2025 – Simulação/ Simulation

Requisito recomendado: PO-210 ou equivalente. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-1-0-6. **Ementa:** Apresentação da disciplina. Princípios de modelagem e simulação. Revisão de Probabilidade e Estatística. Geração de números aleatórios. Geração de variáveis aleatórias. Estimação e modelagem de inputs. Redução da variância. Introdução à simulação de eventos discretos. Construção de modelos de simulação. Análise de outputs. Comparação de sistemas alternativos. Verificação, validação, implementação. **Syllabus:** Presentation of the discipline. Modeling and simulation principles. Probability and Statistics Review. Random number generation. Generation of random variables. Estimation and modeling of inputs. Variance reduction. Introduction to discrete event simulation. Construction of simulation models. Output analysis. Comparison of alternative systems. Verification, validation, implementation. **Bibliografia:** Ross, S. Simulation. 5th Edition, Academic Press, 2012. Banks, J.; Carson II, J.S.; Nelson, D.M.; Nicol, D.M. Discrete-Event Simulation, 5th Edition, Pearson 2010. Law, A. Simulation Modeling and Analysis, 5th Edition, McGraw-Hill, 2015.

PO-232/2025 – Algoritmos em Grafos

Requisito recomendado: Álgebra Linear, Lógica de Programação. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-1-0-6. **Ementa:** 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-233/2025 – Aprendizado de Máquina/ Machine Learning

Requisito recomendado: CES-10 Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-4. **Ementa:** 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. **Syllabus:** 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.; ALMEIDA, T. A.; CARVALHO, A.C.P.L.F. (2021) Inteligência Artificial: uma abordagem de Aprendizado de Máquina. Editora LTC, 2a edição.; JAMES, G.; WITTEN, D.; HASTIE, T.; TIBSHIRANI, R., TAYLOR, J. (2023). An Introduction to Statistical Learning: with Applications in Python. New York: Springer.;VERRI, F. A. N. (2024). Data Science Project: An Inductive Learning Approach. Leanpub.

PO-234/2025 – Algebra Linear Computacional/ Computational Linear Algebra

Requisito recomendado: MAT-27, CES-10, CCI-22 Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-1-0-6. **Ementa:** Normas de matrizes. Condicionamento e estabilidade. Decomposição SVD, Fatoração LU, Fatoração de Cholesky, Fatorações QR, Quadrados mínimos. Métodos numéricos para resolução de sistemas lineares: diretos e iterativos. Autovalores e autovetores: Fatoração de Schur, Forma Hessenberg, Teorema de Gerschgorin, Teorema de Bauer-Fike, Métodos numéricos. **Syllabus:** Matrix norms, Conditioning and numerical stability, Singular value decomposition, LU decomposition, Cholesky decomposition, QR decomposition, least squares, Numerical methods for solving linear systems: Direct and iteratives. Eigenvalues and eigenvector: Schur factorization, Hessenberg form, Gerschgorin's theorem, Bauer-Fike's theorem, Numerical methods. **Bibliografia:** GOLUB, G. H.; VAN LOAN, C. F. Matrix Computations. 4^a ed. Johns Hopkins University Press, 2013.;Watkins, D. S. (2010). Fundamentals of Matrix Computations (3^a ed.). Wiley.;TREFETHEN, L. N.; BAU, D. Numerical Linear Algebra. 1a ed. SIAM, Philadelphia, 1997.

PO-235/2025 – Projeto de Ciência de Dados/ Data Science Project

Requisito recomendado: CES-10, PO-210, PO-233 Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-4. **Ementa:** Breve história da Ciência de Dados. Conceitos fundamentais de dados. Estágios de projeto de Ciência de Dados. Infraestrutura para dados. Integração de dados de múltiplas fontes. Engenharia e transformação de dados. Aprendizado indutivo e princípios da Teoria do Aprendizado Estatístico. Aplicação de modelos de Aprendizado de Máquina em problemas reais. Planejamento experimental em Ciência de Dados. Avaliação de modelos e análise Bayesiana. Documentação e implantação. Questões éticas e legais em Ciência de Dados. Abordagens computacionais para preservação de privacidade. **Syllabus:** Brief history of Data Science. Fundamental data concepts. Stages in a Data Science project. Data Infrastructure. Data integration from multiple sources. Data engineering and shaping. Inductive learning and principles of Statistical Learning Theory. Application of Machine Learning models in real-world problems. Experimental planning for Data Science. Model evaluation and Bayesian analysis. Documentation and deployment. Ethical and legal issues in Data Science. Privacy-preserving computational approaches. **Bibliografia:** John D. Kelleher and Brendan Tierney. Data Science, MIT Press, 2018.; Hadley Wickham and Garret Grolemund, R for Data Science: Import, Tidy, Transform, Visualize, and Model Data. O'Reilly Media, 2017.; Nina Zumel and John Mount. Practical Data Science with R. Manning, 2nd Edition, 2019.

PO-236/2025 – Inteligência Artificial aplicada à Finanças/ Artificial Intelligence applied to Finance

Requisito recomendado: PO-218 Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-4. **Ementa:** Inteligência Artificial aplicada a Finanças: Breve Histórico e Conceituação. Revisão de conceitos básicos de teoria de finanças. Decisões Racionais e Vieses em Decisões Humanas: Introdução à Prospect Theory. Resolução de Problemas através de Busca aplicado a Finanças: Busca heurística e de Melhoria Iterativa aplicado a Finanças. Algoritmos Genéticos aplicado a Finanças. Otimização de Portfólios. Decisão Autônoma em Ambientes Incertos: Redes Bayesianas aplicadas a Finanças. Decisões Sequenciais: Redes Bayesianas Dinâmicas. Simulação de Monte Carlo aplicada a Finanças. Introdução a Aprendizado de Máquina: Definições de dados, informação e conhecimento. Processo de Aprendizado de Máquina. Visualização, Preparação e Análise Exploratória de Dados. Modelos de Aprendizado de Máquina: Florestas aleatórias e Métodos de comitê (ensemble). Modelos de Aprendizado de Máquina: Redes Neurais. Aplicações de Aprendizado de Máquina em Finanças. Ética e aspectos legais no uso de IA e em tratamento de dados: Conceitos e Implicações da Lei Geral de Proteção de Dados. Tendências atuais em IA aplicada a Finanças. **Syllabus:** Artificial Intelligence applied to Finance: Brief History and Conceptualization. Review of basic concepts in finance theory. Rational Decisions and Biases in Human Decisions: Introduction to Prospect Theory. Problem Solving through Search applied to Finance: Heuristic and Iterative Improvement Search applied to Finance. Genetic Algorithms applied to Finance. Portfolio Optimization. Autonomous Decision Making in Uncertain Environments: Bayesian Networks applied to Finance. Sequential Decisions: Dynamic Bayesian Networks. Monte Carlo simulation applied to Finance. Introduction to Machine Learning: Definitions of data, information and knowledge. Machine learning Process. Visualization, Preparation and Exploratory Data Analysis. Machine Learning Models: Random Forests and Ensemble Methods. Machine Learning Models: Neural Networks. Machine Learning Applications in Finance. Ethics and legal aspects in the use of AI and data processing: Concepts and Implications of the General Data Protection Law. Current trends in AI applied to Finance. **Bibliografia:**

RUSSEL, S.; NORVIG, P. Inteligência Artificial: Uma Abordagem Moderna. Trad. da 4a. ed. Rio de Janeiro: Elsevier Editora, 2020.; HILPISCH, Yves. Artificial Intelligence in Finance – A Python-Based Guide. US: O'Reilly, 2021.; de Prado, Marcos M. L. . Machine Learning for Asset Managers. Cambridge University Press. 2020.

PO-237/2025 – Projeto de Inteligência Artificial em Finanças/ Artificial Intelligence Projects in Finance

Requisito recomendado: CES-10, PO-233, PO-236 Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-4. **Ementa:** Aprendizado de Máquina Clássico: Revisão; Introdução à Análise de Series Temporais Financeiras; Regressão linear; Transformações, Classificação, Análise de Erro; Modelos: Árvores, Florestas, Naive Bayes, Máquina de Suporte Vetorial; Interpretação; Aprendizado não supervisionado, Redução de Dimensionalidade. **Syllabus:** Classical Machine Learning: Overview; Introduction to Analysis of Financial Time Series; Linear regression; Transformations, Classification, Error Analysis; Models: Trees, Forests, Naive Bayes, Support Vector Machines; Interpretation; Unsupervised Learning, imensionality Reduction. **Bibliografia:** Prado, M. L. Advances in Financial Machine Learning, Wiley, 2018; Tsay, R. S. Analysis of Financial Time Series, John Wiley & Sons, 2010; Hilpisch, Y. Python for Finance: Mastering Data-Driven Finance, O'Reilly, 2019

PO-240/2025 – Tópicos Avançados em PO: Economia de Empresas

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-1-0-3. **Ementa:** Teoria do Consumidor, Produção, Custos, Estruturas de Mercados: Competição Perfeita, Oligopólio, Monopólio, Concorrência Monopolística. **Bibliografia:** Pindyck, R; Rubinfeld, D. Microeconomia. 7ed., Pearson, 2010.; Varian. H. Microeconomia, 8ed. Campus, 2012.

PO-241/2025 - Tópicos de Pesquisa Operacional - Computação Quântica e Otimização Combinatória: Uma introdução / Operations Research Topics: - Quantum Computing and Combinatorial Optimization: An Introduction

Requisito recomendado: PO-203 Programação Inteira. Requisito exigido: PO-201 Introdução à Pesquisa Operacional. Horas semanais: 3-1-0-4. **Ementa:** Otimização Combinatória: problemas clássicos, métodos exatos, heurísticas. Problema de Otimização quadrática binária sem restrições (QUBO). Modelo de Ising. Algoritmo de Grover. Algoritmo de Otimização Aproximada Quântica (QAOA). Implementação computacional e aplicações, **Syllabus:** Combinatorial Optimization: classical problems, exact methods, heuristics. Quadratic Unconstrained Binary Optimization Problem (QUBO). Ising model. Grover's Algorithm. Quantum Approximate Optimization Algorithm (QAOA). Computational implementation and applications. **Bibliografia:** A. Das and B.K. Chakrabarti (Eds.). Quantum Annealing and Related Optimization Methods, SpringerVerlag, 2005. Eleanor G. Rieffel and Wolfgang H. Polak, Quantum Computing: A Gentle Introduction, MIT Press, 2011. Glover, Fred, Gary Kochenberger, and Yu Du. Quantum Bridge Analytics I: a tutorial on formulating and using QUBO models. 4OR 17.4 (2019): 335-371.

PO-242/2025 - Tópicos de Pesquisa Operacional - Aprendizado em Metaheurísticas: Abordagens e Tendências / Operations Research Topics: - Learning in Metaheuristics: Approaches and Trends

Requisito recomendado: PO-203 Programação Inteira, PO-205 Metaheurísticas. Requisito exigido: PO-201 Introdução à Pesquisa Operacional, PO-233 Aprendizado de Máquina. Horas semanais: 3-0-0-4. **Ementa:** Revisão de Otimização Combinatória: problemas clássicos, métodos exatos e heurísticas. Metaheurísticas Clássicas. Hibridização de Metaheurísticas. Aprendizado em problemas de otimização. Introdução a aprendizado em metaheurísticas: histórico e apresentação de taxonomias. Apresentação de alguns estudos de caso. **Syllabus:** Review on Combinatorial Optimization: classical problems, exact methods and heuristics. Classic al metaheuristics.Hybrid Metaheuristics. Learning approaches to optimization problems. Introduction to learning in metaheuristics: history and classifications. Some case studies. **Bibliografia:** Blum, Christian, Andrea Roli, and Michael Sampels, eds. Hybrid metaheuristics: an emerging approach to optimization. Vol. 114. Springer, 2008. Pardalos, Panos M., Ding-Zhu Du, and Ronald L. Graham, eds. Handbook of combinatorial optimization. New York: Springer, 2013.Bengio, Yoshua, Andrea Lodi, and Antoine Prouvost. "Machine learning for combinatorial optimization: a methodological tour d'horizon." European Journal of Operational Research 290.2 (2021): 405-421.

PO-243/2025 – Tópicos Avançados em PO: Fundamentos de Inteligência Artificial /Advanced Topics in Operations Research: Fundamentals of Artificial Intelligence

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 2-1-1-6. **Ementa:** 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:** Russel, S.; Norvig, P. Inteligência Artificial. 3^a edição. Editora Campus, 2013.; Luger, G. F.. Artificial Inteligência Artificial, 6^a edição. Editora Pearson, 2013; 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-244/2025 - Tópicos Avançados em PO: Introdução à Inferência Bayesiana/ Advanced Topics in Operations Research: Bayesian Inference Introduction

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: PO-210. Horas semanais: 3-1-0-4. **Ementa:** Distribuições a priori e posteriori. Princípios gerais da inferência bayesiana e vínculo com a inferência clássica. Conflito entre priori e posteriori. Distribuições a priori: próprias, impróprias, conjugadas, informativas e não informativas. Fator de Bayes: comparação de modelos, sensibilidade. Teste de hipóteses bayesianos e regiões de credibilidade. Métodos clássicos de aproximação: integração numérica, integração por Monte Carlo e aproximação analítica de Laplace. Amostragem bayesiana e MCMC. **Syllabus:** Prior and posterior distributions. General principles of Bayesian Inference and

link with classical inference. Conflict between priori and posteriori. Prior distributions: proper, improper, combined, informative and noninformative. Bayes factor: model comparison, sensitivity. Bayesian hypothesis testing and credibility regions. Classical approximation methods: numerical integration, Monte Carlo integration and Laplace analysis. Bayesian sampling and MCMC. **Bibliografia:** BOX, G.E., TIAO, G.C. (1971). Bayesian Inference in Statistical Analysis, Addison-Wesley, 1973. ZELLNER, A. An Introduction to Bayesian Inference in Econometrics, Wiley. 2 Gelman, A., Carlin,J.B., Stern, H.S. y Rubin, D.B. (1995);Paulino, C.D., Amaral Turkman, M.A., Murteira, B., Silva, G.L. (2018). Estatística Bayesiana, 2^a edição. Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa.

PO-246/2025 - Tópicos de Pesquisa Operacional - Ciência de Dados em Metaheurísticas/ Operations Research Topics: - Data Science in Metaheuristics

Requisito recomendado: PO-201 Introdução à Pesquisa Operacional, PO-233 Aprendizado de Máquina, PO-203 Programação Inteira, PO-205 Metaheurísticas. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 2-0-0-4. **Ementa:** Uma breve apresentação das metaheurísticas mais populares. Metaheurísticas híbridas. Estratégias existentes de ciência de dados em metaheurísticas. Futuro de ciência de dados em metaheurísticas. **Syllabus:** An overview of the most popular metaheuristics. Hybrid metaheuristics. Existing data science strategies in metaheuristics. Future of data science in metaheuristics. **Bibliografia:** Blum, Christian, Andrea Roli, and Michael Sampels, eds. Hybrid metaheuristics: an emerging approach to optimization. Vol. 114. Springer, 2008; Pardalos, Panos M., Ding-Zhu Du, and Ronald L. Graham, eds. Handbook of combinatorial optimization. New York: Springer, 2013; Bengio, Yoshua, Andrea Lodi, and Antoine Prouvost. "Machine learning for combinatorial optimization: a methodological tour d'horizon." European Journal of Operational Research 290.2 (2021): 405-421.

PO-247/2025 - Mudanças Climáticas e Desafios para Gestão Urbana Sustentável/ Climate Change and Challenges for Sustainable Urban Management

Requisito recomendado: Não há, Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-4. **Ementa:** Gestão Urbana; Gestão de Riscos Climáticos para Cidades; Ética e Responsabilidade Socioambiental na Gestão Urbana; Desafios das Mudanças Climáticas para definição de Políticas Públicas Urbanas; Avaliação da Sustentabilidade Urbana; Desenvolvimento Resiliente ao Clima; Cidades e Desenvolvimento. **Syllabus:** Urban Management; Climate Risk Management for Cities; Ethics and Socio-Environmental Responsibility in Urban Management; Challenges of Climate Change for defining Urban Public Policies; Urban Sustainability Assessment; Climate Resilient Development; Cities and Development. **Bibliografia:** Philippi Junior, Arlindo, and Gilda Collet Bruna, eds. Gestão Urbana e Sustentabilidade. São Paulo: Manole, 2019. Print; IPCC, 2022: Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, M. Tignor, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Löschke, V. Möller, A. Okem, B. Rama (eds.)]. Cambridge University Press. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, 3056 pp., doi:10.1017/9781009325844; Alves, M. W. F. M., & Mariano, E. B. (2018). Climate justice and human development: A systematic literature review. Journal of Cleaner Production, 202, 360-375. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.08.091>; SEN, A. Desenvolvimento como liberdade. São Paulo: Companhia de Bolso, 2010. p.16- 18.

PO-248/2025 - Tópicos Avançados em PO: Organização Industrial/ Advanced Topics in OR: Industrial Organization

Requisito recomendado: PO-240 Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-4.

Ementa: Preços de Monopólio e Bens Duráveis, Discriminação de preços, Competição Estática e Modelos de Diferenciação, Estimativa de demanda, oferta e poder de mercado, Busca, Modelos empíricos de Busca, Competição dinâmica, Entrada, Investimento Estratégico, Racionalidade limitada. **Syllabus:** Monopoly Pricing and Durable Goods, Price Discrimination, Static Competition and Models of Differentiation, Estimation of Demand, Supply, and Market Power, Search, Empirical Models of Search, Dynamic Competition, Entry, Strategic Investment, Bounded Rationality. **Bibliografia:** Carlton,D., Perloff, J.M. Modern Industrial Organization. 4ed. Pearson, 2015;Belleflamme, P., Peitz, M. The Economics of Platforms: Concepts and Strategy. Cambridge University Press, 2021; Perloff, J. Microeconomics: Theory and

PO-249/2025 - Tópicos Avançados em PO: Introdução às Redes Neurais Artificiais e aos Grandes Modelos de Linguagem/ Advanced Topics in OR: Introduction to Artificial Neural Networks and Large Language Models

Requisito recomendado: PO-204 Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-4.

Ementa: Apresentar os principais algoritmos de Redes Neurais Artificiais a partir dos modelos matemáticos de aprendizagem Hebbiana e Backpropagation. Descrever matematicamente o treinamento do Perceptron e do Perceptron de Múltiplas Camadas [MLP] usando o Algoritmo de Backpropagation [Retropropagação do Erro]. A partir dos fundamentos matemáticos das RNA avançar até os Transformers e aos Grandes Modelos de Linguagem [Large Language Models - LLM]. Serão utilizados como apoio computacional os softwares PYTHON e R. **Syllabus:** Present the main algorithms of Artificial Neural Networks from the mathematical models of Hebbian learning and Backpropagation. Describe mathematically the training of the Perceptron and the Multilayer Perceptron [MLP] using the Backpropagation Algorithm. From the mathematical foundations of ANN, advance to Transformers and Large Language Models [LLM]. The software PYTHON and R will be used as computational support. **Bibliografia:** OLIVEIRA, M. A. e JUNIOR, F. A. P. M., Backpropagation e Redes Neurais - Vol. 1. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2024.; ROTHMAN, D., Transformers for Natural Language Processing: Build intelligent language applications using deep learning with PyTorch. Packt Publishing, 2021.; OZDEMIR, S., Quick Start Guide to Large Language Models: Strategies and Best Practices for Chatgpt, Embeddings, Fine-Tuning, and Multimodal AI, Addison-Wesley Professional, 2024.

PO-601/2025 – Estudos Dirigidos I

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Consentimento do coordenador. Horas semanais: -. **Ementa:** 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-602/2025 – Estudos Dirigidos II

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Consentimento do coordenador. Horas semanais: - **Ementa:** 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.

9. CURSOS DE MESTRADO PROFISSIONAL

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 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.

9.1 MESTRADO PROFISSIONAL EM ENGENHARIA AERONÁUTICA (MP/AER)

Coordenador e Representantes de Área

Coordenador do MP/AER	Flávio Luiz de Silva Bussamra
Representante Estrutura	Flávio Luiz de Silva Bussamra
Representante Manufatura	Alfredo Rocha de Faria
Representante Manutenção	Guilherme Conceição Rocha
Representante Sistemas	Vinicius Malatesta

O Mestrado Profissional em Engenharia Aeronáutica MP/AER é uma parceria entre o ITA e a EMBRAER para formar mão de obra especializada para a indústria aeronáutica brasileira.

As principais características diferenciadoras deste Programa são:

- apoio financeiro da Embraer;
- exame de seleção altamente competitivo, realizado em diversas etapas em nível nacional pela Embraer em parceria com o ITA;
- 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;
- inserção do aluno no PEE – Programa de Especialização em Engenharia – um programa da EMBRAER onde há significativa quantidade de atividades complementares (cursos extracurriculares, visitas, palestras, participação em projetos etc.) oferecidas pela empresa;
- co-orientação obrigatória feita por profissionais da EMBRAER;
- prioridade, por parte da EMBRAER, na contratação do aluno ao final do Programa.

As atividades dentro MP/AER desenvolvem-se em até 5 semestres, sendo distribuídas em quatro Fases:

- a) Fase 1: Formação Fundamental (1 semestre, até 17,5 créditos);
- b) Fase 2: Formação Específica (1 semestre, até 16,5 créditos);
- c) Fase 3: Estágio Profissional – Projeto Aeronáutico (1 semestre, até 3 créditos);
- d) Fase 4: Dissertação de Mestrado (até 30 meses a contar do início da Fase1).

As disciplinas das Fases 1 e 2 têm durações variadas de modo a garantir a devida flexibilidade ao programa. Na Fase 2, o aluno é matriculado em uma das seguintes Áreas de Formação Específica: Estruturas, Sistemas, Manufatura ou Manutenção, a critério da EMBRAER.

Durante a Fase 3, os alunos são divididos em times de trabalho para desenvolverem projetos de aeronaves cujas especificações nascem dentro da Diretoria Técnica da EMBRAER. Além de desenvolverem este projeto, os alunos também participam de visitas técnicas nos vários setores e plantas da empresa (no Brasil e no exterior), frequentam cursos extracurriculares, workshops etc.

Concomitantemente ao Estágio Profissional, individualmente, cada aluno começa a desenvolver sua Dissertação de Mestrado, e terá até 30 meses para concluir o Mestrado contados a partir do início da Fase 1. A dissertação deve ser escrita em inglês.

Na contagem dos créditos do programa, considera-se a equivalência aproximada de 1 crédito para cada 16 horas-aula. O mínimo exigido para este Programa é de 24 créditos.

A orientação da Dissertação de Mestrado está sob a responsabilidade de Professor do ITA devidamente cadastrado como docente do MP/AER, sendo obrigatória a co-orientação feita por profissionais da EMBRAER. Os temas têm origem na parceria EMBRAER-ITA em função do interesse tecnológico.

A estrutura curricular é revista anualmente em função da evolução do conhecimento e da pesquisa, e também em função dos interesses da EMBRAER.

9.1.1 Estrutura Curricular

A estrutura curricular é definida para cada turma. Para cada turma, as disciplinas são oferecidas de forma seriada e divididas em fases.

A matrícula é obrigatória: em todas as disciplinas da Fase 1, em todas as disciplinas de uma das áreas da Fase 2, e nas Fases 3 e 4

Abaixo estão descritas as disciplinas que são oferecidas por fase e turma.

Fase 1: Para todos os alunos – de 312 horas-aula (18,0 créditos)

- AA-701 Aerodinâmica
- AB-721 Desempenho de Aeronaves
- AB-722 Estabilidade e Controle de Aeronaves
- AC-701 Sistemas Propulsivos
- AE-701 Estruturas Aeronáuticas
- AP-743 Logística no Desenvolvimento e Manutenibilidade de Sistemas Complexos
- AS-761 Engenharia de Sistemas Baseada em Modelos
- AS-762 Controle Por Realimentação
- AS-763 Modelagem e Simulação de Sistemas Dinâmicos
- MP-715 Desenvolvimento Integrado do Produto
- MT-717 Materiais e Processos de Fabricação
- AP-716 Projeto de Aeronaves I

Fase 2: Para todos os alunos - total de 28 horas-aula (1,5 créditos)

- AP-717 Projeto de Aeronaves II

Fase 2: Para a Área de 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: Para a Área de Sistemas – total de 240 horas-aula (15,0 créditos)

- AS-764 Fenômenos de Transporte em Sistemas Aeronáuticos
- AS-765 Sistemas de Controle
- AS-766 Circuitos Elétricos e Conversão de Energia em Sistemas Aeronáuticos
- AS-767 Sinais e Sistemas
- AS-768 Sistemas Aeronáuticos de Atuação
- ET-709 Sistemas de Comunicações Aeronáuticas, Rádio Navegação e Vigilância

Fase 2: Para a Área de 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: Para a Área de 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: Para todos os alunos – total de 600 horas (até 3 créditos)

- AS-610 Estágio Profissional

9.1.2 EMENTAS

AA-701 – AERODINÂMICA / AERODYNAMICS.

Requisitos: não há. Duração: 28h. Créditos: 1,5. **Ementa:** Introdução: Definição dos coeficientes aerodinâmicos. Forças e momentos em voo de cruzeiro. Análise de perfis aerodinâmicos: Definição dos parâmetros geométricos de perfis. Análise da força e momento aerodinâmicos em função do ângulo de ataque. Distribuição da pressão e do carregamento ao longo da corda. Conceitos de descolamento e estol. Análise de tipos de perfis e suas aplicações práticas. Dispositivos hipersustentadores. Influência dos números de Reynolds e de Mach; rugosidade superficial. Análise de asas: Definição dos parâmetros geométricos. Escoamento sobre a asa: Vórtice de ponta, ondas de choque, esteira turbilhonar. Arrastos de atrito e de pressão; induzido, forma e de onda. Distribuição de sustentação ao longo da envergadura da asa. Arrasto induzido mínimo. Influências do alongamento, afilamento, enflechamento, torções e do ângulo diedro. Definição da forma em planta de ailerons, flaps e slats. Geradores de vórtices, fences e outros dispositivos

usados em aeronaves. Particularidades sobre as empenagens. Fuselagem: Análise de tipos de fuselagens. Força e momento aerodinâmicos de uma fuselagem. Interferência asa-fuselagem. Polar de arrasto de aviões. **Bibliografia:** Anderson, J.D., Jr., Fundamentals of aerodynamics, 6th Edition, McGraw-Hill, New York, 2016. **Syllabus:** Requirements: none. Duration: 28h. Credits: 1.5. Introduction: Definition of aerodynamic coefficients. Forces and moments in cruise flight. Analysis of aerodynamic profiles: Definition of geometric parameters of profiles. Analysis of aerodynamic force and moment as a function of angle of attack. Pressure and load distribution along the chord. Flow separation and stall. Analysis of types of profiles and their practical applications. High-lift devices. Influence of Reynolds and Mach numbers; surface roughness. Wing analysis: Definition of geometric parameters. Flow over the wing: tip vortices, shock waves, vortex sheets. Friction and pressure drag; induced, form and wave drag. Distribution of lift along the span. Minimum induced drag. Influences of aspect ratio, taper, swept, torsions and dihedral. Definition of the planform of ailerons, flaps, and slats. Vortex generators, fences and other aerodynamic devices used in airplane. Control surfaces. Fuselage: Fuselage types. Aerodynamic force and moment of a fuselage. Wing-fuselage interference. Airplane drag polar. **Bibliography:** Anderson, J.D., Jr., Fundamentals of aerodynamics, 6th Edition, McGraw-Hill, New York, 2016.

AB-721 - DESEMPENHO DE AERONAVES / AIRCRAFT PERFORMANCE

Requisito: não há. Duração: 24h. Créditos 1,5. **Ementa:** 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:** McCLAMROCH, N. H. - Steady Aircraft Flight and Performance, Princeton: Princeton University Press, 2011; ANDERSON, J. D. - Aircraft performance and design, Boston: WCB/McGraw-Hill, 1999; ASSELIN, M. - An introduction to aircraft performance, AIAA, 1997 (AIAA Education Series). **Syllabus:** Requirements: none. Duration: 24h. Credits: 1,5. Standard atmosphere, aerodynamic and propulsive forces. Speed definition and measurement. Steady conditions: glide, horizontal flight, climb, flight maneuvers, Mach number-altitude diagram, flight envelope. Range, endurance and fuel consumption: cruise, climb, turns. Takeoff, landing. **Bibliography:** McCLAMROCH, N. H. - Steady Aircraft Flight and Performance, Princeton: Princeton University Press, 2011; ANDERSON, J. D. - Aircraft performance and design, Boston: WCB/McGraw-Hill, 1999; ASSELIN, M. - An introduction to aircraft performance, AIAA, 1997 (AIAA Education Series).

AB-722 - ESTABILIDADE E CONTROLE DE AERONAVES / AIRCRAFT STABILITY AND CONTROL

Requisito: desejável AB-721, Duração: 24h. Créditos 1,5. **Ementa:** Estabilidade estática longitudinal: margens estáticas a manche fixo e a manche livre. Estabilidade estática látero-direcional. Referenciais, sistemas de coordenadas, 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 naturais longitudinais e látero-direcionais. Simulação do voo. 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.; JOHNSON, E. N. Aircraft control and simulation: dynamics, controls

design, and autonomous systems. 3.ed. Hoboken, NJ: Wiley, c2015; 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. **Syllabus:** Requirements: desirable AB-721, Duration: 24h. Credits: 1.5. Longitudinal static stability: stick-fixed and stick-free static margins. Lateral-directional static stability. Reference frames, coordinate systems, Euler angles, and transformation matrices. Derivation of the equations of motion of the aircraft modeled as a rigid body. Numerical calculation of equilibrium conditions. Linearization of the equations of motion. Longitudinal and lateral-directional natural modes. Flight simulation. Dynamic stability: flying qualities. Introduction to flight control systems design: stability augmentation systems. **Bibliography:** 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.; JOHNSON, E. N. Aircraft control and simulation: dynamics, controls design, and autonomous systems. 3.ed. Hoboken, NJ: Wiley, c2015; 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 / PROPULSIVE SYSTEMS

Requisitos: não há. Duração: 28h. Créditos: 1,5. **Ementa:** Princípio da turbina a gás como sistema propulsivo. Componentes e modelo propulsivo dos motores turbojato, turbofan e ramjet: entrada de ar, compressor, câmara de combustão, turbina, pós-queimador e bocal de exaustão, modelo propulsivo no ponto de projeto e modelo propulsivo fora do ponto de projeto. Análise da operação dos motores turbojatos. Análise da operação dos motores turbofans e evolução e vantagens operacionais do motor turbofan para aplicação na aviação comercial. Limitações do motor turbojato para alta velocidade e o motor ramjet. Motor turbo hélice: arquitetura e funcionamento, hélice, modelo propulsivo no ponto de projeto, considerações para aplicação do modelo, estratégia de operação, modelo propulsivo fora do ponto de projeto, propfan. Emissões em motores aeronáuticos: principais poluentes, certificação, regimes de operação do motor versus a emissão de poluentes e formas de controle. **Bibliografia:** Hill, P., Peterson, C., Mechanical and Thermodynamics of Propulsion, 2o ed., Addison-Wesley, 1992; Cohen, H., Rogers, G.F.C., Straznický, P., Saravanamutto, H.I.H., Nix, A., Gas Turbine Theory, 17th ed, Logman Scientific & Technical, 2017. **Syllabus:** Requirements: none. Duration: 28 hours. Credits: 1.5. Principle of the gas turbine as a propulsion system. Components and propulsive model of turbojet, turbofan and ramjet engines: air inlet, compressor, combustion chamber, turbine, afterburner and exhaust nozzle, design and off-design propulsive models. Analysis of the operation of turbojet engines. Analysis of the operation of turbofan engines and evolution and operational advantages of the turbofan engine for application in commercial aviation. Limitations of the turbojet engine for high speed and the ramjet engine. Turbo propeller engine: architecture and operation, propeller, propulsive model at the design point, considerations for applying the model, operating strategy, off-design propulsive model, propfan. Emissions from aeronautical engines: main pollutants, certification, engine operating regimes versus pollutant emissions and control strategy. **Bibliography:** Hill, P., Peterson, C., Mechanical and Thermodynamics of Propulsion, 2o ed., Addison-Wesley, 1992; Cohen, H., Rogers, G.F.C., Straznický, P., Saravanamutto, H.I.H., Nix, A., Gas Turbine Theory, 17th ed, Logman Scientific & Technical, 2017.

AE-701 - ESTRUTURAS AERONÁUTICAS / AERONAUTICAL STRUCTURES

Requisitos: não há. Duração: 28h. Créditos: 1,5. **Ementa:** Anatomia de estruturas aeronáuticas. Cargas. Bases da teoria de elasticidade. Fator de concentração de tensões. Critérios de Plastificação. Flexão, cisalhamento e torção de vigas e estruturas de paredes finas. Flexão de placas finas. **Bibliografia:** Megson, T.H.G., Aircraft structures for engineering students, 7th Ed, Butterworth-Heinemann, 2021; Peery, D.J., Aircraft structures, Dover, 2013; GERE, J. M., GOODNO, B. J., Mechanics of materials 9th ed. Belmont: Thomson, 2017. **Syllabus:** Requirements: none. Duration: 28h. Credits: 1.5. Structural components of aircraft. Airframe loads. Basic elasticity. Stress concentration factor. Yield criteria. Bending, shear and torsion of bars and thin-walled beams. Bending of Kirchhoff-Love plates. **Bibliography:** Megson, T.H.G., Aircraft structures for engineering students, 7th Ed, Butterworth-Heinemann, 2021; Peery, D.J., Aircraft structures, Dover, 2013; GERE, J. M., GOODNO, B. J., Mechanics of materials 9th ed. Belmont: Thomson, 2017.

AP-716 - PROJETO DE AERONAVES I / AIRCRAFT DESIGN 1

Requisitos: não há. Duração 24h. Créditos: 1,5. **Ementa:** Categorias de aeronaves e o mercado de aviação. Exemplos de requisitos de mercados e de certificação. Etapas do programa de uma aeronave. Escolha de configuração da aeronave. Parâmetros adimensionais para desenho de três vistas de aeronaves. Dimensionamento inicial por dados históricos. Layout de fuselagem: seção transversal e vista em planta. Análise aerodinâmica para projeto conceitual. Escolha e integração do grupo moto-propulsor. Estimativa de pesos da aeronave. **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. Ottowa: Roskam Aviation and Engineering Corporation, 1985. **Syllabus:** Aircraft categories and the aviation market. Examples of market and certification requirements. Phases of an aircraft program. Aircraft configuration selection. Non-dimensional parameters for three-view drawings. Initial sizing through historical data. Fuselage layout: cross-section and floorplan. Aerodynamic analysis for conceptual design. Selection and integration of propulsion system. Weight estimation. **Bibliography:** 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. Ottowa: Roskam Aviation and Engineering Corporation, 1985.

AP-743 - LOGÍSTICA NO DESENVOLVIMENTO E MANUTENIBILIDADE DE SISTEMAS COMPLEXOS / LOGISTICS IN THE DEVELOPMENT OF COMPLEX SYSTEMS

Requisitos: não há. Duração 28h. Créditos: 1,5. **Ementa:** Sistemas; Ciclo de vida de Sistemas Aeronáuticos Complexos: Fases e Características; Logística: Definições e Medidas de Desempenho; Custo Total do Ciclo de Vida; 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 e Engenharia de Sistemas; 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 2020. International guide for the use of the S-Series Integrated Logistics Support (ILS) specifications (<http://www.sx000i.org/>); DEPARTMENT OF DEFENSE. MIL-HDBK-470A: Designing and developing maintainable products and systems, Washington, U.S. Department of Defense, 1997. DEPARTMENT OF DEFENSE. DoD guide for achieving reliability, availability, and maintainability, Washington, U.S. Department of Defense, 2005. **Syllabus:** Requirements: none. Duration 28h. Credits: 1.5. Systems; Lifecycle of Complex Aeronautical Systems: Phases and Characteristics; Logistics: Definitions and Performance Measures; Total Life Cycle Cost; Log. in Complex System Development : Integrated Logistic Support (ILS); Maintenance, maintainability and life cycle cost. Influence of reliability and maintainability on availability and on operating and support costs. Maintainability requirements. Development of the maintenance and integration plan with the DIP and Systems Engineering process; The principles of simplification, standardization, modularization and fault diagnosis systems. Other design features to improve maintainability. The influence of operational, logistical and maintenance environments on maintainability parameters. Maintainability validation, simulation, forecasting and monitoring. Principles of Integrated Diagnostics. Some outbreaks of maintainability issues on aircraft. **Bibliography:** BLANCHARD, Benjamin S. LOGISTICS ENGINEERING AND MANAGEMENT. Sixth edition. New Jersey: Pearson, 2003; AeroSpace and Defence Industries Association of Europe and Aerospace Industries Association 2020. International guide for the use of the S-Series Integrated Logistics Support (ILS) specifications (<http://www.sx000i.org/>); DEPARTMENT OF DEFENSE. MIL-HDBK-470A: Designing and developing maintainable products and systems, Washington, U.S. Department of Defense, 1997. DEPARTMENT OF DEFENSE. DoD guide for achieving reliability, availability, and maintainability, Washington, U.S. Department of Defense, 2005.

AS-761 - ENGENHARIA DE SISTEMAS BASEADA EM MODELOS / MODEL BASED SYSTEMS ENGINEERING

Requisitos: não há. Duração 28h. Créditos: 1,5: **Ementa:** Conceitos e princípios do pensamento sistêmico e da Engenharia de Sistemas. Digitalização da Engenharia de Sistemas. Linguagem clássica da Engenharia de Sistemas. SysML. Sistemas Reativos. OPM. Metodologia Arcadia. Domínio do Problema: Análise de contexto e Intervenção sistêmica. Domínio da Solução: Modelagem Conceitual, Arquitetura Conceitual, Verificação e Validação e Arquitetura Concreta. Geração de Documentos. Tendências. **Bibliografia:** SEBoK Editorial Board, 2022, The Guide to the Systems Engineering Body of Knowledge (SEBoK), v. 2.7, R.J. Cloutier (Editor in Chief). Disponível em: [https://sebokwiki.org/wiki/Guide_to_the_Systems_Engineering_Body_of_Knowledge_\(SEBoK\)](https://sebokwiki.org/wiki/Guide_to_the_Systems_Engineering_Body_of_Knowledge_(SEBoK)) CRAWLEY, E., CAMERON, B., SELVA, D., 2016, System Architecture – Strategy and Product Development for Complex Systems. England. Pearson. 2016. ISBN 1-292-11084-8 VOIRIN, J.L. Model-based System and Architecture Engineering with the Arcadia Method. Elsevier, 2017. ISBN 978-0-0810-1794-4. FRIEDENTHAL, F., MOORE, A., AND STEINER R., 2015. A Practical Guide to SysML: Systems Modeling Language. 3^a Edição. Elsevier. ISBN: 9780128002025. **Syllabus:** Requirements: none. Duration: 28h.

Credits: 1,5. Concepts and principles of systems thinking and Systems Engineering. Digitalization of Systems Engineering. Classical language of Systems Engineering. SysML. Reactive Systems. OPM. Arcadia Methodology. Problem Domain: Context Analysis and Systemic Intervention. Solution Domain: Conceptual Modeling, Conceptual Architecture, Verification and Validation, and Concrete Architecture. Document Generation. Trends.

AS-762 - CONTROLE POR REALIMENTAÇÃO / FEEDBACK CONTROL

Requisitos: não há. Duração 20h. Créditos: 1,5: **Ementa:** Realimentação, sistemas de controle em malha aberta e em malha fechada; exemplos básicos; representação generalizada de sistemas de malha fechada; modelos de sistemas no domínio do tempo e no domínio-s; modelos lineares, invariantes no tempo, de 1^a ordem e de 2^a ordem; diagramas de blocos e a determinação de funções de transferência; definição de estabilidade e sua importância; requisitos em sistemas de controle: desempenho transiente com base na resposta a degrau e a acuidade de estado estacionário; controladores industriais e as ações básicas de controle (PID); teorias clássicas para análise e projeto de sistemas de controle.

Bibliografia: Ogata, K., Engenharia de Controle Moderno, 5a. Ed., Pearson Prentice-Hall, São Paulo, 2010; Franklin, G.F., Powell, J.D. & Emami-Naeini, A., Sistemas de Controle para Engenharia, 6^a Ed., Bookman Editora, Porto Alegre, 2013. **Syllabus:** Requirements: none. Duration: 20h. Credits: 1,5. Feedback, open-loop and closed-loop control systems; basic examples; generalized representation of closed-loop systems; systems models in the time domain and s-domain; first and second order linear time-invariant models; block diagrams and determination of transfer functions; definition of stability and its importance; control systems requirements: transient performance based on step response and steady-state accuracy; industrial controllers and basic control actions (PID); overview of classical theories for analysis and design of control system.

AS-763 - MODELAGEM E SIMULAÇÃO DE SISTEMAS DINÂMICOS / MODELING AND SIMULATION OF DYNAMIC SYSTEMS

Requisitos: não há. Duração 24h. Créditos: 1,5: **Ementa:** Classificação geral de modelos de sistemas dinâmicos. Elementos para modelagem física unificada de sistemas mecânicos, elétricos, fluidos e térmicos. Representação de modelos físicos por meio de grafo de sistema e de grafos de ligações. Formulação das equações dinâmicas no espaço de estados usando grafos de ligações. Formulação variacional de Lagrange-Hamilton. Aplicações na modelagem e simulação de sistemas de aeronaves, eletrohidráulicos, eletromecânicos e termohidráulicos. **Bibliografia:** Adade Filho, A. – Modelagem e Simulação de Sistemas Dinâmicos. S. José dos Campos - SP, 2021, ISBN: 978-6500372212; Tenreiro Machado, J.A, and Cunha V.M. – Bond Graph Modeling with Applications. CRC Press, Taylor & Francis Group, Boca Raton, Fl, 2021, ISBN 978-1003057741; Shuvra Das, Mechatronic Modeling and Simulation Using Bond Graphs, CRC Press, 2009, ISBN 978-1420073140.

Syllabus: Requirements: none. Duration: 24h. Credits: 1,5. Modeling of multiphysics systems based on energy content. Graphical representation of system dynamics using linear graphs, and bond-graphs. Mathematical description of systems based on conjugated energy variables, energy storage, and energy dissipation.

MP-715 - DESENVOLVIMENTO INTEGRADO DO PRODUTO / INTEGRATED PRODUCT DEVELOPMENT

Requisitos: não há. Duração: 28h. Créditos: 1,5. **Ementa:** Conceitos, definições e terminologia associada ao Desenvolvimento de Produtos (DP). O Processo do Desenvolvimento de Produtos: Modelo Genérico de Processo, Fases, Stage Gates,

Desafios. Modelos Organizacionais no Desenvolvimento de Produtos. Identificação de Oportunidades de Novos Produtos. Planejamento do Produto. Identificação das Necessidades e Requisitos dos Clientes. Especificações do Produto. Geração de Soluções Conceituais para o Produto. Avaliação e Seleção de Conceitos e Soluções. Testes do Conceito do Produto. Arquitetura do Produto. Design Industrial. Design for Environment. Design for Manufacturing e Supply Chain. Prototipação ao Longo do Desenvolvimento de Produtos. Aspectos de Economia Associadas ao Desenvolvimento de Produto. **Bibliografia:** Ulrich, K. T., Eppinger, S. D & Yang, M.C. Product Design and Development; McGrawHill. Seventh Edition. New York, 2020. Katzenbach, Jon R., and Douglas K. Smith, The Wisdom of Teams: Creating the High-Performance Organization, Harvard Business Review, Reprint Edition, Boston, 2015. Cooper, Robert G., Winning at New Products: Creating Value through Innovation, fourth edition, Basic Books, New York, 2011. **Syllabus:** Requirements: none. Duration: 28h. Credits: 1,5. Concept, definitions and terminology applied to Product Development (PD). The PD process: Generic reference process, Phases, Stage Gates, Challenges. Organizing for Product Development. Opportunity Identification. Product Planning. Identifying Customers Needs. Product Specifications. Concept Generation. Concept Screening and Selection. Concept Testing. Product Architecture. Industrial Design. Design for Environment. Design for Manufacturing and Supply Chain. Prototyping. Product Development Economics. **Bibliography:** Ulrich, K. T., Eppinger, S. D & Yang, M.C. Product Design and Development; McGrawHill. Seventh Edition. New York, 2020. Katzenbach, Jon R., and Douglas K. Smith, The Wisdom of Teams: Creating the High-Performance Organization, Harvard Business Review, Reprint Edition, Boston, 2015. Cooper, Robert G., Winning at New Products: Creating Value through Innovation, fourth edition, Basic Books, New York, 2011.

MT-717 - MATERIAIS E PROCESSOS DE FABRICAÇÃO / MATERIALS AND FABRICATION PROCESSES

Requisitos: não há. Duração 28h. Créditos: 1,5. **Ementa:** Materiais metálicos: propriedades mecânicas; principais ligas de aplicação aeronáutica. Conceitos gerais de: 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. 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. Introdução e apresentação dos componentes principais de uma aeronave. Introdução à fabricação de fuselagens: componentes principais e processos de fabricação, selagem e 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. **Bibliografia:** Dieter, G. E., Mechanical Metallurgy – SI Metric Edition, Mc Graw – Hill Book Co., 1988; Chakrabarty, J., Applied Plasticity, Springer, 2nd edition, 2010; Hosford, W. F., Caddell, R. M., Metal Forming: Mechanics and Metallurgy, Cambridge University Press, 4th edition, 2011; Verlinden, B., Driver, J., Samajdar, I., Doherty, R. D., Thermo-Mechanical Processing of Metallic Materials, Elsevier, 2007; ASM Handbook, Volume 14, Forming and Forging, electronic files, 1998.

Syllabus : Requirements: none. Duration: 28h. Credits: 1,5. Metallic materials: mechanical properties; metal alloys for aeronautical applications. General concepts: ceramic materials, polymers and carbon based: applications. Mechanics of materials: basic assumptions. Material behavior: elastic; plastic; inelastic; viscoelastic. Types of mechanical failure: excessive plastic deformation; excessive elastic deformation; fracture; plastic instability. Theory of plastic yielding: yield criteria (von Mises, Tresca, Levi-Mises, Hill). Fundamentals of metal forming: process classification; influence of anisotropy, strain rate, temperature, friction and lubrication. Fabrication of tubes and sheets: extrusion; rolling; drawing. Conventional and non-conventional fabrication processes: sheet forming; volume forming; conventional machining. Introduction and presentation of main aircraft components. Introduction to the fabrication of fuselages: main components and fabrication processes, sealing and riveting. Introduction to wing and empennage assembly. Introduction to composites: materials and fabrication processes. Landing gear manufacture: materials and fabrication processes. Development of new fabrication processes: additive manufacture. **Bibliography:** Dieter, G. E., Mechanical Metallurgy – SI Metric Edition, Mc Graw – Hill Book Co., 1988; Chakrabarty, J., Applied Plasticity, Springer, 2nd edition, 2010; Hosford, W. F., Caddell, R. M., Metal Forming: Mechanics and Metallurgy, Cambridge University Press, 4th edition, 2011; Verlinden, B., Driver, J., Samajdar, I., Doherty, R. D., Thermo-Mechanical Processing of Metallic Materials, Elsevier, 2007; ASM Handbook, Volume 14, Forming and Forging, electronic files, 1998.

EMENTAS FASE 2

COMUM A TODAS AS ÁREAS

AP-717 - PROJETO DE AERONAVES II / AIRCRAFT DESIGN II

Requisitos: Recomendado: AP-716. Duração: 24h. Créditos: 1,5. **Ementa:** Determinação do passeio de centro de gravidade da aeronave. Aplicação de requisitos para análise de desempenho e estimativa de carga alar e razão tração/peso. Seleção de hipersustentadores. Layout estrutural inicial. Posicionamento dos trens de pouso. Considerações de estabilidade e controle e dimensionamento de superfícies de controle. Refinamento do projeto para atendimento de requisitos. **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. Ottowa: Roskam Aviation and Engineering Corporation, 1985. **Syllabus:** Requirements: Recommend AP-716. Duration: 04h. Credits: 1.5. Computation of aircraft center of gravity range. Application of requirements for performance analysis and wing loading and thrust-to-weight ratio estimation. Selection of high-lift devices. Initial structural layout. Landing gear placement. Stability and control considerations and control surface sizing. Design refinement to match requirements. **Bibliography:** 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. Ottowa: Roskam Aviation and Engineering Corporation, 1985.

ÁREA DE ESTRUTURAS

AE-721 - ELEMENTOS FINITOS / FINITE ELEMENT METHOD

Requisitos: AE-701. Duração: 40 h. Créditos: 2,5. **Ementa:** 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. **Syllabus:** Requirements: AE-701. Duration: 40h. Credits: 2.5. Introduction to the calculus of variations. The Principle of Virtual Work. Rayleigh-Ritz and Weighted Residuals methods. Variational formulation of finite elements. One-dimensional problems: trusses, Euler beams and Timoshenko beams. Finite elements for plane stress and plane strain problems. Finite elements for Kirchhoff-Love plates. Three-dimensional finite elements. Numerical integration. Eigenvalue problems: applications to the stability (buckling) and free vibration analyses. Modeling of aeronautical structures. Bibliography: 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 / ANALYSIS OF AEROSPACE STRUCTURES

Requisitos: AE-701. Duração: 40 h. Créditos: 2,5. **Ementa:** 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, Butterworth-Heinemann, 6th edition, 2016; 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. **Syllabus:** Requirements: AE-701. Duration: 40h. Credits: 2.5. Bending-torsion of thin-walled beams with open and closed cross sections; axial constraint; structural idealization; deflections. Shear lag. Analysis of wing and fuselage structures; effect of cutouts; fuselage frames; ribs. Analysis of connections and fittings. Finite element modeling. **Bibliography:** Megson, T.H.G., Aircraft structures for engineering students, Butterworth-Heinemann, 6th edition, 2016; 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 AERONÁUTICAS / STABILITY OF AERONAUTICAL STRUCTURES

Requisitos: AE-701. Duração: 40 h. Créditos: 2,5. **Ementa:** 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 e Campo de Tração Diagonal em Painéis Planos. **Bibliografia:** Megson, T. H. G. Aircraft structures for engineering students. 6. ed. Oxônia: Butterworth-Heinemann,

2016; Chajes, A. Principles of structural stability theory. Englewood Cliffs: Prentice Hall, 1974; Bruhn, E. F. Analysis and design of flight vehicle structures. Cincinnati: TriOffset, 1973. **Syllabus:** Requirements: AE-701. Duration: 40h. Credits: 2.5. Mechanical behaviour of materials. Buckling of columns. Torsional and Bending-Torsion buckling analysis of thin-walled columns. Buckling of Flat Plates. Instability and collapse analysis of thin-walled columns and stiffened panels. Buckling of shells and diagonal tension field effects in flat panels. **Bibliography:** Megson, T. H. G. Aircraft structures for engineering students. 6. ed. Oxônia: Butterworth-Heinemann, 2016; Chajes, A. Principles of structural stability theory. Englewood Cliffs: Prentice Hall, 1974; Bruhn, E. F. Analysis and design of flight vehicle structures. Cincinnati: TriOffset, 1973.

AE-724 - FADIGA E PROPAGAÇÃO DE TRINCAS / FATIGUE AND CRACK PROPAGATION

Requisitos: AE-701. Duração: 40 h. Créditos: 2,5. **Ementa:** Introdução. Histórico de problemas de fadiga e fratura. Projeto tolerante ao dano. Fadiga S-N - definições básicas. Ensaios 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. Ensaios 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:** N. E. Dowling, Mechanical Behavior of Materials - Engineering Methods for Deformation, Fracture, and Fatigue, Fourth Edition, Pearson Education Limited, 2013; T. L. Anderson, Fracture Mechanics - Fundamentals and Applications, Third Edition, CRC Press 2005; J. Schijve, Fatigue of Structures and Materials, Second Edition, Springer, 2009. **Syllabus:** Requirements: AE-701. Duration: 40h. Credits: 2.5. Fatigue and fracture challenges along the history. Damage tolerant design approach. Fatigue of materials: Stress-Based approach. Definitions and concepts. Fatigue Testing. S-N fatigue curve parameters and trends. Mean stresses effect. Multiaxial stresses effect on fatigue life. Variable amplitude loading: Palmgreen-Miner cumulative damage rule and cycle counting, Notched members: Notch effect on fatigue life. Linear Elastic Fracture Mechanics: Definitions. The Energy Release Rate (G). Instability and the R Curve. The Stress Intensity Factor (K): Definition, Relationship between K and G. Crack-Tip Plasticity. Fracture Toughness testing on metals. Plane strain fracture. G and K validity limits for application on aeronautic structures. Fatigue crack propagation. Empirical Fatigue Crack Growth Equations. Effects of loading variables on crack growth. **Bibliography:** N. E. Dowling, Mechanical Behavior of Materials - Engineering Methods for Deformation, Fracture, and Fatigue, Fourth Edition, Pearson Education Limited, 2013; T. L. Anderson, Fracture Mechanics - Fundamentals and Applications, Third Edition, CRC Press 2005; J. Schijve, Fatigue of Structures and Materials, Second Edition, Springer, 2009.

AE-725 - DINÂMICA ESTRUTURAL E AEROELASTICIDADE/ STRUCTURAL DYNAMICS AND AEROELASTICITY

Requisitos: AE-701. Duração: 40 h. Créditos: 2,5. **Ementa:** 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. **Syllabus:** Requirements: AE-701. Duration: 40 h. Credits: 2.5. Modeling of dynamical systems: Lagrange equations. Free vibrations, responses to harmonic, periodic, impulsive and general excitation in single degree of freedom systems. Free vibrations and dynamic responses of multiple degree of freedom systems: orthogonality conditions and solution by modal analysis. Free vibrations and dynamic responses of continuous systems. Modeling of aeroelastic systems: the typical section problem. Stability problems and aeroelastic response. Aeroelastic models in modal space. Discrete element methods in aeroelasticity: numerical aeroelastic stability analysis. **Bibliography:** 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 MATERIAL COMPÓSITO / ANALYSIS AND DESIGN OF COMPOSITE STRUCTURES

Requisitos: AE-701. Duração: 40 h. Créditos: 2,5. **Ementa:** 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. Rígidez 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: teoria 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, 2006; Reddy J. N. Mechanics of Laminated Composite Plates and Shells: theory and analysis, 2nd ed. CRC Press, 2004. **Syllabus:** Requirements: AE-701. Duration: 40h. Credits: 2.5. Introduction to polymeric composites. Manufacturing processes for advanced polymeric composite structures. Laminae macromechanical behaviour: strain and stress transformations, constitutive relationship at ply level. Stiffness and compliance definition at ply level. Engineering constants. Stress x strain relationship at laminae level; material invariants. Laminae strengths, multiaxial failure criteria for composites. Laminae micromechanical behaviour: representative volume element, rule of mixtures and elasticity based approaches for stiffness and strength prediction. Laminates: thin plate theory, classical laminate theory (CLT), hygrothermoelastic effects. Bending, buckling and vibration of laminated plates. Aeroelasticity of laminated plates. Design and analysis of composite laminates. Advanced topics on design and impact analysis of composite structures. **Bibliography:** 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, 2006; Reddy J. N. Mechanics of Laminated Composite Plates and Shells: theory and analysis, 2nd ed. CRC Press, 2004.

ÁREA DE SISTEMAS

AS-764 - FENÔMENOS DE TRANSPORTE EM SISTEMAS AERONÁUTICOS / TRANSPORT PHENOMENA IN AERONAUTICAL SYSTEMS

Requisitos: AS-761 Duração: 48 horas. Créditos: 3. **Ementa:** Conceitos fundamentais em mecânica dos fluidos; Análise de escoamento; leis básicas para sistemas e volumes de controle; conservação da massa; equação da quantidade de movimento linear; primeira lei da termodinâmica; equação de Bernoulli. Escoamento viscoso incompressível; escoamento em tubos; diagrama de Moody; perdas de carga distribuídas e localizadas; escoamento laminar vs escoamento turbulento; perfis de velocidade e tensão de cisalhamento para escoamentos turbulentos. Introdução ao Escoamento Compressível. Primeira e Segunda Lei da Termodinâmica; Conceitos fundamentais em transmissão de calor; dimensões e unidades; Leis básicas da transmissão de calor; condução, convecção e radiação; mecanismos combinados de transmissão de calor. Condução unidimensional em regime permanente. Convecção; camada limites de velocidade e térmica aplicadas a escoamento interno e externo. **Bibliografia:** Fox, R.W., McDonald, A.T., Pritchard, P. J., Introdução à Mecânica dos Fluidos. 9a edição, Ed. LTC, Rio de Janeiro, 2018. Bergan, T. L., Lavine, A. S., Incropera Fundamentos de Transferência de Calor e Massa, 8a edição, Ed. LTC, Rio de Janeiro, 2019. Fundamentos de Termodinâmica, Sonntag, Richard; Borgnakke, Claus; 2^a edição, Ed. Blucher, 2018. **Syllabus:** Requirements: AS-761, Duration: 48 h. Credits: 3. Fundamental concepts in fluid mechanics; Flow analysis; basic laws for systems and control volumes; conservation of mass; equation of linear momentum; first law of thermodynamics; Bernoulli's equation. Incompressible viscous flow; flow in pipes; Moody diagram; distributed and localized head losses; laminar flow vs turbulent flow; velocity profiles and shear stress for turbulent flows. Introduction to compressible flow. First and Second Law of Thermodynamics; Fundamental concepts in heat transfer; dimensions and units; Basic laws of heat transfer; conduction, convection, and radiation; combined heat transfer mechanisms. One-dimensional steady-state conduction. Convection; velocity and thermal boundary layers applied to internal and external flows.

AS-765 - SISTEMAS DE CONTROLE

Requisitos: AS-761. Duração: 48 horas. Créditos: 3. **Ementa:** Modelos de sistemas para controle: modelos no domínio do tempo e no domínio da frequência (plano-s e resposta em frequência); linearização (limites de validade do modelo linear). Resposta temporal de sistemas de controle contínuos no tempo - solução da equação de estado. Estabilidade (conceitos e critérios). Desempenho transiente e de estado-estacionário. Ações básicas de controle – controladores e compensadores clássicos. Métodos empíricos e abordagem algorítmica de projeto. Análise e projeto pelo método do Lugar Geométrico das Raízes (LGR). Análise e introdução ao projeto pelos métodos de resposta em frequência: margens de estabilidade, o critério de estabilidade de Nyquist e projeto utilizando os diagramas de Bode. Realimentação de estado e projeto de controle no espaço de estados: controlabilidade e observabilidade; alocação de polos; controle ótimo linear-quadrático (LQR); realimentação de estado com ação integral; observadores de estado – princípio da separação e projeto. **Bibliografia:** Ogata, K., Engenharia de Controle Moderno, 5a. Ed., Pearson Prentice-Hall, São Paulo, 2010; Franklin, G.F., Powell, J.D. & Emami-Naeini, A., Sistemas de Controle para Engenharia, 6^a Ed., Bookman Editora, Porto Alegre, 2013; [Skogestad, S.; Postlethwaite, I. Multivariable Feedback Control - Analysis and Design, 2nd. Ed. , John Wiley and Sons, Chichester, 2005. **Syllabus:** Requirements: none. Duration: 48 h. Credits: 3.

AS-766 - CIRCUITOS ELÉTRICOS E CONVERSÃO DE ENERGIA EM SISTEMAS AERONÁUTICOS

Requisitos: AS-761. Duração: 48 horas. Créditos: 3. **Ementa:** Circuitos Elétricos: leis de Kirchhoff; elementos resistivos de circuitos (resistores, fontes controladas, amplificador operacional, elementos não-lineares), ponto de operação, reta de carga, linearização; circuitos resistivos, análise matricial, propriedades, circuitos não-lineares; circuitos de primeira ordem (capacitores e indutores, constante de tempo, análise por inspeção, solução geral; circuitos de segunda ordem, sistemas mecânicos análogos, tipos de resposta à entrada zero, comportamento qualitativo; circuitos dinâmicos de ordem superior, indutores acoplados; regime permanente senoidal, fasores, funções de rede, potência e energia, circuitos trifásicos; circuitos acoplados magneticamente, indutância mútua, transformadores, dimensionamento de cabos. Baterias: arquitetura – células e topologia; tipos, princípios de funcionamento e densidades de potência/energia; conceitos básicos (SOC, curvas de carga de descarga, ciclo de vida versus condições ambientais e uso; circuito equivalente (modelo); dissipação térmica. Conversores de Potência Elétrica: AC/DC, DC/AC, DC/DC, AC/AC. Geradores e Motores Elétricos: modos de operação (4Q, gerador/motor); modelos simples de motores DC; noções de motor AC (síncrono, assíncrono). **Bibliografia:** KIENITZ, K. H. Análise de circuitos: um enfoque de sistemas. 2. ed. São José dos Campos: ITA, 2010. BURIAN, Y.; LYRA, A. C. C. Circuitos elétricos. São Paulo: Prentice Hall, 2006. HAYT, W. H.; KEMMERLY, J. E.; DURBIN, S. M. Análise de circuitos em engenharia. 7. ed. São Paulo: McGraw- Hill, 2008. SEDRA, A. S.; SMITH, K. C. Microeletrônica. São Paulo: Prentice Hall, 2007. BIRD, J. Circuitos Elétricos: Teoria e Tecnologia. Rio de Janeiro: Elsevier, 2009. **Syllabus:** Requirements: AS-761. Duration: 48 h. Credits: 3. Electrical circuits basis including: electrical devices, circuits analysis methods, circuits theorems, first and second order circuits, alternating voltage and current, transformers; rechargeable batteries applications, modelling and sizing; electronic power conversion; d.c. machines; synchronous machines.

AS-767 - SINAIS E SISTEMAS

Requisitos: AS-761. Duração: 16 horas. Créditos: 1. **Ementa:** Introdução aos sinais: classificação de sinais de tempo contínuo e tempo discreto; impulso unitário; degrau unitário; transformações da variável independente. Introdução aos sistemas: sistemas de tempo contínuo e de tempo discreto; integral e soma de convolução; resposta ao pulso unitário, resposta ao degrau unitário, causalidade, invariância no tempo; linearidade. Equações diferenciais lineares e equações a diferenças finitas lineares, discretização, amostragem: Série e Transformada de Fourier de tempo contínuo e discreto: definição, inversão, propriedades e cálculo de transformadas usuais; amostragem de sinais e o teorema da amostragem de Shannon. Relação entre a transformada de Fourier de tempo discreto e transformada de Fourier de sinais de tempo contínuo amostrados. Filtragem: exemplos de filtros clássicos de tempo contínuo. **Bibliografia:** LATHI, B. P. Sinais e Sistemas Lineares. 2 ed. Porto Alegre: Editora Bookman, 2006; OPPENHEIM, A. V.; WILLSKY, A. S. Signals and systems. 2. ed. Upper Saddle River: Prentice Hall, 1997. **Syllabus:** Requirements: AS-761, Duration: 16 h. Credits: 1. Introduction to signals theory: classification of continuous- and discrete-time signals; unit impulse; unit step; transformation of the independent variable. Introduction to systems theory: continuous- and discrete-time systems; convolution sum and integral; system response to unit impulse and unit step; causality; time invariance; linearity. Differential and Finite difference linear equations; discretization; sampling. Continuous- and discrete-time Fourier Series and

Transform: definition; inverse of Fourier Transform; properties; transform of usual functions and sequences. Signal sampling and the sampling theorem. Relationship between Fourier Transform of discrete-time signals and Fourier Transform of sampled continuous-time signals. Filtering: examples of classical continuous-time filters.

AS-768 - SISTEMAS AERONÁUTICOS DE ATUAÇÃO / AERONAUTICAL ACTUATION SYSTEMS

Requisitos: AS-761. Duração: 32 horas. Créditos: 2. **Ementa:** Introdução aos sistemas de atuação em aeronaves. Fundamentos da modelagem dinâmica de sistemas hidráulicos, e termo-hidráulicos. Componentes de sistemas de atuação como bombas e atuadores hidráulicos, servoválvulas, válvulas sequenciais, válvulas reguladoras de pressão e vazão. Análise dinâmica e simulação de servomecanismos eletro-hidráulicos e eletromecânicos (HSA, EHA e EMA). Aplicações em sistemas de comando de voo, acionamento de trem de pouso, sistemas de freio hidráulico e controle de direção (steering). **Bibliografia:** Manring, N, Fales, R.C., Hydraulic Control Systems, 2 ed, John Wiley & Sons, 2020. Maré, J-C, Aerospace Actuators 2 – Signal-by-Wire and Power-by-Wire, ISTE and John Wiley & Sons, London, 2017; Vasiliu, N., Vasiliu, D., Calinoiu, C., Puhalschi, R., Simulation of Fluid Power Systems with Simcenter Amesim, CRC Press, Taylor & Francis Group, 2018; Wang, S., Tomovic, M., Liu, H., Commercial Aircraft Hydraulic Systems, Shanghai Jiao Tong University Press, 2016. **Syllabus:** Requirements: AS-761. Duration: 32 h. Credits: 2. Application of energy port concepts in model based systems. Review of fluid mechanical equations applied to hydraulic systems. Hydraulic and hydromechanical components, and dynamic models. Modeling and simulation of electrohydraulic servovalves. Basic electromechanical systems and motors. Application on aeronautical systems using energy ports (20-SIM and AMESIM).

ET-709 - SISTEMAS DE COMUNICAÇÕES AERONÁUTICAS, RÁDIO NAVEGAÇÃO E VIGILÂNCIA / AERONAUTICAL COMMUNICATION, RADIO NAVIGATION AND SURVEILLANCE

Requisitos: AS-761. Duração: 48 horas. Créditos: 3. **Ementa:** Comunicação de voz e dados entre a aeronave e o ATC (Air Traffic Control). Comunicações via satélite. Navegação via rádio de curto alcance: NDB (Non-Directional Beacon), VOR (VHF Omnidirectional Range), DME (Distance Measurement Equipment). Sistema de pouso por instrumento (ILS – Instrument Landing System). Conceitos da navegação por satélites. Erros de navegação e sistemas de melhoria de precisão. Tipos de navegação: convencional, RNAV (Area Navigation), RNP (Required Performance Navigation). Controle de área e vigilância: PSR (Primary Surveillance Radar), SSR (Secondary Surveillance Radar), MLAT (Multilateration) e ADS (Automatic Dependent Surveillance). Vigilância a bordo e sistemas de alerta de colisão. Noções do Sistema de Gerenciamento de Voo (FMS -Flight Management System). **Bibliografia:** Binns C., Aircraft Systems Instruments, Communications, Navigation, and Control, John Wiley & Sons Inc., 2019; Stacey D., Aeronautical Radio Communication Systems and Networks, John Wiley & Sons Inc., 2008; Annex 10 to the Convention on International Civil Aviation International Civil Aviation Organization International Standards and Recommended Practices Fourth Edition July 2007 Volume IV Surveillance and Collision Avoidance Systems. **Syllabus:** Requirements: AS-761. Duration: 48h. Credits: 3. Aircraft voice and data communication supported by ATC (Air Traffic Control). Satellite communications. Low range radio navigation: NDB (Non-Directional Beacon), VOR (VHF Omnidirectional Range), DME (Distance Measurement Equipment). Instrument Landing System (ILS). Satellite navigation concept.

Navigation errors and augmentation systems. Navigation types: conventional, RNAV (Area Navigation), RNP (Required Performance Navigation). PBN (Performance-Based Navigation). Area control and surveillance: PSR (Primary Surveillance Radar), SSR (Secondary Surveillance Radar), MLAT (Multilateration) e ADS (Automatic Dependent Surveillance). Airborne surveillance and collision avoidance systems. Flight Management System (FMS) concepts. **Bibliography:** Binns C., Aircraft Systems Instruments, Communications, Navigation, and Control, John Wiley & Sons Inc., 2019; Stacey D., Aeronautical Radio Communication Systems and Networks, John Wiley & Sons Inc., 2008; Annex 10 to the Convention on International Civil Aviation International Civil Aviation Organization International Standards and Recommended Practices Fourth Edition July 2007 Volume IV Surveillance and Collision Avoidance Systems.

ÁREA DE MANUFATURA

MB-757 - GESTÃO DA PRODUÇÃO / PRODUCTION MANAGEMENT Requisitos: MT-717. Duração: 32h. Créditos: 2. **Ementa:** 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. **Syllabus:** Requirements: MT-717. Duration: 32h. Credits: 2. Production management principles. Competititvity, Strategy and Productivity. Production forecasting. Inventory management: inventory necessity and control, MRP (Materials Resource Planning). The process view: process mapping, performance indicators, capacity planning and production bottleneck. Process selection and layout. Production lines: capacity planning, line balancing and mass customization. Batch production: capacity planning, economic production batch, sequencing and scheduling and production control. Jobbing process: functional layout design, agility management and production scheduling. Lean manufacturing and just-in-time. Production improvement and risk management. **Bibliography:** 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.

MP-703 - PROJETO E MANUFATURA DE ESTRUTURAS DE COMPÓSITOS / DESIGN AND MANUFACTURE OF COMPOSITE STRUCTURES

Requisitos: MT-717. Duração: 48h. Créditos: 3. **Ementa:** 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, 2nd edition, 2007; Morena, J. J. Advanced composite mold making. Krieger Pub Co, edição reprint, 2007. **Syllabus:** Requirements: MT-717. Duration: 48h. Credits: 3. Introduction to composite materials: classification, anisotropy, homogeneity. Fibers for high performance composites. Thermofixed and thermoplastic resins. Cure kinetics and rheology of thermofixed resins. Concepts of design of composite structures. Application of composites in aeronautic construction. Fabrication of thermofixed matrix composite materials: manual layup, automatic layup, filament winding, pultrusion and infusion. Numerical modeling. Fabrication of thermoplastic matrix composite materials. Metallic and composite molds. Cutting and assembly. Inspection, experimental characterization and testing of composites. Mechanical joints and glued joints. Repairs. **Bibliography:** 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, 2nd edition, 2007; Morena, J. J. Advanced composite mold making. Krieger Pub Co, edição reprint, 2007.

MP-705 - MODELAGEM E SIMULAÇÃO DE SISTEMAS / DISCRETOS. MODELING AND SIMULATION OF DISCRETE SYSTEMS

Requisitos: MT-717. Duração 48 horas. Créditos: 3. **Ementa:** Classificação geral de modelos de sistemas dinâmicos. Introdução aos sistemas a eventos discretos. Máquinas de estado e autômatos. Ferramentas e técnicas de simulação e verificação de sistemas discretos. Modelos de sistemas discretos com tempo. 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. **Syllabus:** Requirements: MT-717. Duration: 48 h. Credits: 3. General classification of systems models. Introduction to discrete event systems. State machines and automata. Tools and techniques for simulation and verification of discrete systems. Models of discrete systems with time. Queuing Theory: general concepts, simulation process, components of simulation system. Simulation modelling procedures: activity cycle diagram (ACD), modelling approach. Simulation with commercial software tools: main models, sub-models, implementation of simulation models, animation and visualization of variables and reports, statistical data analyser, charts for stabilization period analysis, design of experiments. References: 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-742 - TÓPICOS ESPECIAIS EM ROBÓTICA / SPECIAL TOPICS IN ROBOTICS

Requisito: MT-717. Duração: 48h. Créditos: 3. **Ementa:** Fundamentos da automação industrial e aeronáutica. Conceitos de *Design for Automation*. Tópicos sobre produção conectada, fusão sensorial e visão computacional para sistemas de automação. Introdução a programação de sistemas com *Labview™*. Fundamentos de robótica e programação de robôs industriais. Conceitos de programação *Off-line* e CAM/CNC. Aplicação e uso da metrologia de grandes volumes. Conceitos fundamentais da robótica colaborativa e adaptativa para uso em células de manufatura aeronáutica. Apresentação de tecnologias robóticas de automação para uso industrial e estudo de casos de projetos de automação aeronáutica. **Bibliografia:** Springer Handbook of Automation, Nof, S. Y., Springer, 2020 (on-line); Mechatronic Systems: Devices, Design, Control, Operation and Monitoring (Mechanical and Aerospace Engineering Series), C. W., de Silva, CRC Press, 2020 (on-line); Industrial Robotics – Selection, Design and Maintenance, Colestock, H. McGrawHill , 2005. **Syllabus:** Requirements: MT-717. Duration: 48 h. Credits: 3. Fundamentals of industrial and aeronautical automation. Introduction to Design for Automation. Topics on connected production, sensor fusion and computer vision for automation systems. Introduction to systems programming with Labview™. Fundamentals of robotics and industrial robot programming. Off-line and CAM/CNC programming concepts. Application and use of large volume metrology. Fundamental concepts of collaborative and adaptive robotics for use in aeronautical manufacturing cells. Presentation of robotic automation technologies for industrial use and case studies of aeronautical automation projects. **Bibliography:** Springer Handbook of Automation, Nof, S. Y., Springer, 2020 (on-line); Mechatronic Systems: Devices, Design, Control, Operation and Monitoring (Mechanical and Aerospace Engineering Series), C. W., de Silva, CRC Press, 2020 (on-line); Industrial Robotics – Selection, Design and Maintenance, Colestock, H. McGrawHill , 2005.

MT-715 - FABRICAÇÃO DE SUPERFÍCIES COMPLEXAS / COMPLEX SURFACES MANUFACTURING

Requisitos: MT-717. Duração: 32h. Créditos: 2. **Ementa:** 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.: Wekzeubau mit Zukunft (Strategie und Technologie). Berlin: Springer-Verlag, 1999; Trent, E. M.: Metal Cutting, Butcherworths,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). **Syllabus:** Requirements: MT-717 . Duration: 32 h. Credits: 2. Significant process characteristics for manufacturing determination: model, part, machine and tools. Dimensional accuracy requirements,

geometric manufacturing errors. Types of machine tools, fixtures and tools. Procedures for technological decision making in machining. Cutting fluids and applications for machining. **Bibliography:** 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.: Wekzeugbau mit Zukunft (Strategie und Technologie), Berlin: Springer-Verlag, 1999; Trent, E. M.: Metal Cutting, Butcherworths,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-721 - MANUFATURA AVANÇADA / ADVANCED MANUFACTURING

Requisito: MT-717. Duração: 32h. Créditos: 2. **Ementa:** 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. **Syllabus:** Requirements: MT-717. Duration: 32 h. Credits: 2. Introduction to Industrie 4.0 and Advanced Manufacturing concepts; manufacturing concepts for Mass Customization; Additive Manufacturing Modeling and Manufacturing Process; Maturity Models and Transformation Process for Advanced Manufacturing; Artificial Intelligence and Machine learning applied to manufacturing; Consolidation of Value, Strategy, Technology and Organization for Industry 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.

ÁREA DE MANUTENÇÃO

AP-731 - MANUTENÇÃO DE AERONAVES / AIRCRAFT MAINTENANCE

Requisito: AP-743, Duração: 32h. Créditos 2. **Ementa:** Definição de Manutenção. Importância da Manutenção no Sistema de Aviação. Autoridades, Instituições e Regulamentação Aeronáutica. Conceitos e Tipos de Falha. Aeronavegabilidade Continuada. Conceitos de Programa de Manutenção de Aeronaves. Tipos de Manutenção. Níveis de Manutenção. Preventiva. Manutenção Corretiva (não programada). Manutenção baseada na condição. Manutenção Preditiva. Manutenção Prescritiva. Conceito Geral de e-Maintenance. Conceitos de Confiabilidade, Manutenibilidade, Disponibilidade e Custos de Manutenção. A Manutenção na Empresa Aérea: Organização, Responsabilidades pela Manutenção e pela Aeronavegabilidade. Manutenção de Linha, Hangar e Oficinas. Elementos Logísticos: Dados Técnicos, Suprimento, Pessoal e Fatores Humanos, Testes e

Ferramentas. O Manual de Manutenção da Empresa. Registros de Manutenção. Responsabilidade pela Manutenção e pela Aeronavegabilidade. Dados Técnicos da Manutenção. Equipe de Manutenção Responsabilidades e Habilidades. Planejamento e Controle de Atividades de Manutenção, Conceitos de Inspeções e Ensaios Não-Destrutivos. Conceitos de Reparos, Modificações, Pesagem e Balanceamento de Aeronaves. A Manutenção no Desenvolvimento do Produto. Diretrizes de Aeronavegabilidade. Certificação de Tipo. Objetivos de Projeto. Processo de Desenvolvimento do Plano de Manutenção. Conceitos da metodologia MSG-3. Instruções para Aeronavegabilidade Continuada. Dados Técnicos e Documentação da Fabricante. **Bibliografia:** KINNISON, H. A. - Aviation Maintenance Management, Ed. Mc Graw Hill, 2004; SANDERSON, J. Aircraft Inspection and Maintenance Records, Jeppesen Co., 2003; REASON, J. and HOBBS, A. - Managing Maintenance Error, Ed. Ashgate, 2003. **Syllabus:** Requirements: AP-743. Duration: 32 h. Credits: 2. Definition of Maintenance. Importance of Maintenance in the Aviation System. Authorities, Institutions, and Aeronautical Regulation. Failure Concepts and Types. Continuing Airworthiness. Aircraft Maintenance Program Concepts. Maintenance Types. Maintenance Levels. Preventive and Corrective Maintenance (unscheduled). Condition-Based maintenance. Predictive Maintenance. Prescriptive Maintenance. e-Maintenance Concept. Reliability, Maintainability, Availability, and Maintenance Costs Concepts. Maintenance in the Airline: Organization, Responsibilities for Maintenance and Airworthiness. Line, Hangar, and shop Maintenance. Logistics Elements: Technical Data, Supply Support, Personnel, Tests equipment, and Tools. The Operator's Maintenance Manual. Maintenance Records. Responsibility for Maintenance and Airworthiness. Maintenance Technical Data. Maintenance Team Responsibilities and Qualifications. Maintenance Planning and Control Activities. Inspection, and Non-Destructive Testing. Concepts of Repairs, Modifications, Weighing and Balancing of Aircraft. Maintenance in the Integrated Product Development. Instruction for Continued Airworthiness. Type Certification. Project Objectives. Maintenance Plan Development Process. Introduction to the MSG-3 methodology. Instructions for Continuing Airworthiness. Manufacturer's Technical Data and Documentation. Bibliography: KINNISON, H. A. - Aviation Maintenance Management, Mc Graw Hill, 2004; SANDERSON, J., Aircraft Inspection and Maintenance Records, Jeppesen Co., 2003; REASON, J. and HOBBS, A. - Managing Maintenance Error, Ed. Ashgate, 2003.

AP-734 - CONFIABILIDADE, DISPONIBILIDADE, MANUTENIBILIDADE E SEGURANÇA / RELIABILITY, AVAILABILITY, MAINTAINABILITY AND SAFETY

Requisito: AP-743. Duração: 32h. Créditos: 1,5. **Ementa:** 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, 3rd 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. **Syllabus:** Requirements: AP-743. Duration: 32 h. Credits: 1.5. Fundamental concepts: reliability, availability, maintainability, safety, failures, errors, continued airworthiness, accident, incident, risk. Influence of reliability and maintainability on availability and operational and support costs. Management of RAMS requirements. Reliability prediction. Software reliability. Reliability growth. Identification and analysis of maintainability requirements. The principles of simplification, standardization and modularization. Fault diagnosis systems. System design and architecture criteria aiming to increase availability. Dispatchability. Optimization of reliability, availability and cost. Safety requirements of civil and military systems. Safety assessment techniques in system development. The influence of operational, logistical and maintenance environments on RAMS indicators. Assessment of impacts on availability and costs of modifications and design options. Tradeoff analysis. **Bibliography:** O'CONNOR, P. D. T., Practical reliability engineering. 3rd 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

Requisito: AP-743. Duração: 32h. Créditos: 2. **Ementa:** Conceito de Informações em Logística (eMaintenance); Introdução à Gerenciamento Integrado da Saúde de Veículos (IVHM); 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; MÀRQUEZ, Crespo A., The Maintenance Management Framework, Springer, Spain, 2007; PASCUAL, D. G., Artificial Intelligence Tools, CRC Press, FL, 2015. **Syllabus:** Requirements: AP-743. Duration: 32 h. Credits 2. Concept of Information in Logistics (eMaintenance); Introduction to Integrated Vehicle Health Management (IVHM); Data Fusion Models for Aircraft Fleet Maintenance; Wireless Networks, Condition Based Maintenance Web Services; Cloud Computing, Internet of Things (IoT) and Mobile Systems; 3D Modeling, Virtual Reality (VR), Augmented Reality (AR) and 3D Printing for Maintenance; Maintenance Data Interoperability, Data Quality, Massive Data (Big Data); eMaintenance in the lifecycle; Intelligent Sensors and Labels; Examples of eMaintenance Solutions; Aircraft Design Requirements Enabling eMaintenance; Challenges and Future Perspectives. **Bibliography:** HOLMBERG et al., E-maintenance, Springer, NY, 2010; MÀRQUEZ, 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 / RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE

Requisito: AP-743. Duração: 32h. Créditos: 2. **Ementa:** Introdução à função manutenção. Elemento manutenção no ciclo de vida do produto. Conceitos de Programa de Manutenção

de Aeronaves. Tipos de Manutenção. 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 – Lightning/High Intensity Radiated Field); Sistema de Interligação Elétrica (EWIS-Electrical Wiring Interconnection System) /Zonas da Aeronave. Definição dos intervalos iniciais dos requisitos de manutenção. Análise, desenvolvimento e controle do Plano de Manutenção. Limitações de Aeronavegabilidade: CMR (Certification Maintenance Requirements); ALI (Airworthiness Limitation Item); FSL (Fuel System limitations); CDCCL (Critical Design Configuration Control Limitation) 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. Great Britain: Biddles Ltd., 2002; KINNISON, H. A. Aviation Maintenance Management, Mc Graw Hill, 2004; AIR TRANSPORT ASSOCIATION (ATA). MSG-3 Rev 2015.1: Airline and Operator Maintenance Program, Washington, 2015. **Syllabus:** Requirements: AP-743. Duration: 32 h. Credits: 2. Introduction to Maintenance. Maintenance in the product life cycle. Aircraft Maintenance Program Concepts. Maintenance types. Maintenance levels. Maintenance Process Evolution. Principles of Reliability Centered Maintenance (RCM). New paradigms in maintenance. The Reliability (R) in the RCM. Reliability and failure characteristics of components. Definition of the system and critical functions. Identification of functional failures and the consequences of failure. Definition of failure causes. Analysis of failure modes, effects, and criticality. Fault tree analysis. Characteristics and objectives of maintenance tasks. Introduction to MSG-3 methodology. MSG-3 Analysis Logic: Systems and PowerPlant; Structures; Lightning and High-Intensity Radiation Fields Protections (L/HIRF); Electric Wiring Interconnection System (EWIS)/Zonal. Definition of initial maintenance requirement intervals. Analysis, development, and control of the Maintenance Plan. Airworthiness Limitations: CMR (Certification Maintenance Requirements); ALI (Airworthiness Limitation Item); FSL (Fuel System limitations); CDCCL(Critical Design Configuration Control Limitation). Maintenance cost breakdown. Failure and failure prevention costs. Influence of maintenance on cost and reliability performance. Process for evaluation and evolution of the Maintenance Plan. **Bibliography:** MOUBRAY, J. RCM II: Reliability Centered Maintenance. Great Britain: Biddles Ltd., 2002; KINNISON, H. A. Aviation Maintenance Management, Mc Graw Hill, 2004; AIR TRANSPORT ASSOCIATION (ATA). MSG-3 Rev 2015.1: Airline and Operator Maintenance Program, Washington, 2015.

AP-738 – MANUTENIBILIDADE AVANÇADA / ADVANCED MAINTAINABILITY

Requisito: AP-743. Duração: 32h. Créditos: 2. **Ementa:** 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. **Syllabus:** Requirements: AP-743. Duration: 32 h. Credits: 2. Application of Concepts and Methodologies to design for Maintainability. Equipment and Subsystem Analysis and Data Analysis and Maintainability Characteristics of an Aeronautical Subsystem and Equipment. Interaction between Theory and Practice in Civil Aviation and Defense Maintenance Workshops. Maintenance Tools. Maintenance Task Analysis (MTA). Product Life Cycle Cost Analysis. Maintainability Indicators. Maintainability Analysis. Maintainability Requirements. Interface and with other areas of the DIP. Maintainability Characteristics and Their Incorporation into the Project. Preparation of MPP (Maintenance Program Plan). Inherent Availability and its relation to Maintainability. Direct Maintenance Cost. Maintenance Productivity. **Bibliography:** 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-742 - LOGÍSTICA NO DESENVOLVIMENTO, AQUISIÇÃO E OPERAÇÃO DE SISTEMAS COMPLEXOS / LOGISTICS IN THE DEVELOPMENT, ACQUISITION AND OPERATION OF COMPLEX SYSTEMS

Requisito: AP-743. Duração: 32h. Créditos: 2. **Ementa:** CONOPS e delineamento de requisitos para a suportabilidade de sistemas aeroespaciais complexos; Medidas de desempenho da Suportabilidade; Desenvolvimento para RAMS (Design for RAMS); Ferramentas de modelagem para gerenciamento de frotas e Modelagem de Serviços Logísticos; Teste, verificação e validação da suportabilidade de sistemas. **Bibliografia:** Benjamin S. Blanchard, Logistics engineering and management, 6th edition, New Jersey: Pearson, 2003; 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. **Syllabus:** Requirements: AP-743. Duration: 32 h. Credits: 2. CONOPS and requirements design for the supportability of complex aerospace systems; Supportability performance measures; Development for RAMS (Design for RAMS); Modeling tools for fleet management and Logistics Services Modeling; Test, verification and validation of systems supportability. Bibliography: Benjamin S. Blanchard, Logistics engineering and management, 6th edition, New Jersey: Pearson, 2003; 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.

EMENTAS FASE 3

AS-610 – ESTÁGIO PROFISSIONAL

Requisito recomendado: AP-701. Requisito exigido: Não há. Carga horária: 600 horas. Créditos: até 3. **Ementa:** Desenvolvido ao longo de pelo menos 4 meses dentro da Empresa, em tempo integral, 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 é entregue e apresentado ao ITA e à equipe da Embraer. Além deste projeto, 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. 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. Ottowa: Roskam Aviation and Engineering Corporation, 1985. **Syllabus:** Requirements: none. Duration: 600h. Credits: 3.

TOTAL GERAL: 572 horas-aula (33,5 créditos) + 600h de estágio (até 3 créditos).

9.2 - MESTRADO PROFISSIONAL EM SEGURANÇA DE AVIAÇÃO E AERONAVEGABILIDADE CONTINUADA (MP/SAFETY)

Coordenador e Representantes de Área

Coordenador do MP/SAFETY
Representante Sistemas de Gestão de Segurança de Aviação
Representante Tecnologia Aeronáutica e Segurança de Sistemas Aeronáuticos

Evandro José da Silva
Roberto Gil Annes da Silva
Ronaldo Vieira Cruz

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 oferece uma capacitação importante para os elos do Sistema de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (SIPAER) e demais profissionais ligados às entidades e organizações da comunidade aeronáutica, aumentando a percepção para a necessidade de atitudes proativas na condução das atividades do setor aéreo, com consequente melhora da Segurança de Voo 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 duas áreas:

1. Sistemas de Gestão de Segurança de Aviação; e
2. Tecnologia Aeronáutica e Segurança de Sistemas Aeronáuticos.

As linhas de pesquisa da área de Tecnologia Aeronáutica e Segurança de Sistemas Aeronáuticos são: Tecnologia Aeronáutica e Segurança de Sistemas Aeronáuticos; as correspondentes à linha de pesquisa Sistemas de Gestão de Segurança de Aviação são: Administração e Gestão de Segurança de Aviação, e Transporte Aéreo e Segurança de Aviação.

Essas áreas servem de suporte aos pilares da Segurança de Aviação e a Aeronavegabilidade Continuada.

Os objetivos do Curso de Mestrado Profissional em Segurança de Aviação e Aeronavegabilidade Continuada são: (a) formar profissionais em nível de Mestrado Profissional para atuarem em áreas diretamente ligadas à Segurança de Aviação e Aeronavegabilidade Continuada; (b) 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; (c) fornecer subsídios para o crescimento da cultura de Segurança de Aviação nos diversos ambientes nos quais a atividade aérea é essencial, contribuindo para a atuação proativa nos diversos escalões das empresas, instituições e organizações.

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 com diversas formações profissionais, refletindo a multidisciplinaridade e complexidade do contexto inerente à atividade aérea.

9.2.1 Estrutura Curricular

(Telepresencial)

Disciplinas Obrigatórias

- | | |
|--------|---|
| AS-702 | Fundamentos de Tecnologia Aeronáutica |
| AS-704 | Fundamentos de Tecnologia de Helicópteros e Aeronaves de Asas Rotativas |
| AS-705 | Survivability de Aeronaves de Asas Rotativas e de Asa Fixa |
| AS-707 | Certificação Aeronáutica |
| AS-731 | Segurança Operacional de Voo |
| AS-733 | Gerenciamento de Crises e Planejamento de Contingências |
| AS-739 | Aeroportos e Segurança |
| AS-741 | Ambientes de Negócios em Aviação: uma Perspectiva Estratégica |
| AS-749 | Análise Operacional e Gerencial de Aeroportos |
| AS-795 | Seminário de Ciência Política e Relações Internacionais com Foco em Aviação e Tecnologia Aeronáutica. |

Disciplinas Opcionais para Eventuais Substituições

AS-711	Confiabilidade e Segurança de Sistemas Aeronáuticos
AS-713	Design for Safety
AS-717	Materiais e Princípios de Análise de Falhas em Estruturas Aeronáuticas
AS-719	Manutenção de Sistemas Aeronáuticos
AS-721	Logística no Desenvolvimento de Sistemas para a Aviação Comercial
AS-735	Responsabilidade Civil e Aspectos Legais em Segurança de Aviação
AS-737	Contratos em Aviação
AS-745	Economia do Transporte Aéreo
AS-771	Medicina Aeroespacial
AS-773	Psicologia em Aviação
AS-779	Fatores Humanos em Aviação
AS-797	Aerodinâmica e Desempenho de Helicópteros e Aeronaves de Asas Rotativas

9.2.2 Corpo Docente Permanente

1. Adson Agrico de Paula
2. Claudio Jorge Pinto Alves
3. Cristiane Aparecida Martins
4. Danilo Garcia Figueiredo Pinto
5. Donizeti de Andrade
6. Evandro José da Silva
7. Fernando de Oliveira Pontes
8. Fernando Teixeira Mendes Abrahao
9. Giovanna Miceli Ronzani Borille
10. Leandro Augusto Lemos Franco
11. Luis Gonzaga Trabasso
12. Marcelo Xavier Guterres
13. Ricardo Gakiya Kanashiro
14. Richard Rigobert Lucht
15. Roberto Gil Annes da Silva
16. Rodolfo dos Santos Sampaio
17. Rogeria de Arantes Gomes
18. Ronaldo Vieira Cruz
19. Thiago Caliari Silva

9.2.3 Corpo Docente Colaborador

1. Andre Luiz Chiossi Forni
2. Antonio Ivaldo Machado de Andrade
3. Diogo Silva Castilho
4. Elones Fernando Ribeiro
5. Frederico Augusto Gomes de Alencar
6. Hugo Borelli Resende

7. Hugo Santana de Figueiredo Junior
8. Johnny Cardoso Marques
9. Jose Alexandre Tavares Guerreiro Fregnani
10. Jose Augusto Nunes Figueira
11. Marcus Vinicius Ramalho de Oliveira
12. Mauricio Pereira da Costa
13. Michelle Carvalho Galvao da Silva Pinto Bandeira
14. Nilton de Oliveira Lessa
15. Rejane de Souza Fontes Busson
16. Roberta de Roode Torres
17. Sarah Vieira Carneiro
18. Tacio Pinheiro Bezerra
19. Tulio Eduardo Rodrigues

9.2.4 EMENTAS

AS-702 - Fundamentos de Tecnologia Aeronáutica

Requisitos: não há. Duração: 48h. Créditos: 3. **Ementa:** 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. Aeronaves não-convencionais: drones, eVTOLs, aeronaves compostas. **Bibliografia:** TALAY, A.T., Introduction to the Aerodynamics of Flight, NASA SP-367, National Technical Information Service, 1st Edition, 1975; RAYMER, D.P., Aircraft Design: a Conceptual Approach. AIAA Education Series, 5th revised revision, 2013; MCCORMICK, B.W., Aerodynamics, Aeronautics, and Flight Dynamics. John Wiley & Sons, Inc., 1995.

AS-702 – Fundamentals of Aeronautical Technology

Prerequisites: None. Class-hours: 48. Credits: 3. Flight history and introduction to the Aeronautical Technology. Aeronautical terminology: dimensions and unities, coordinate systems. Atmosphere, winds, turbulence and moisture. The aircraft: major parts and systems. The aeronautical flow. Subsonic flow effects. The concept of subsonic, transonic, supersonic and hypersonic flows. Performance, stability and control. Introduction to the subsonic aircraft configuration design. Concept of aeronautical propulsion. Concept of structural and load designs. Development phases of the,conventional aircraft. Non-conventional aircraft: drones, eVTOLs, compound aircraft. **Bibliography:** TALAY, A.T., Introduction to the Aerodynamics of Flight, NASA SP-367, National Technical Information Service, 1st Edition, 1975; RAYMER, D.P., Aircraft Design: a Conceptual Approach. AIAA Education Series, 5th revised revision, 2013; MCCORMICK, B.W., Aerodynamics, Aeronautics, and Flight Dynamics. John Wiley & Sons, Inc., 1995.

AS-704 Fundamentos de Tecnologia de Helicópteros e Aeronaves de Asas Rotativas

Requisitos: Não há. Duração: 48h. Créditos: 3. **Ementa:** Resumo histórico de helicópteros e aeronaves de asas rotativas no Brasil e no mundo. Configurações de aeronaves VTOL e de helicópteros. Tecnologia do Helicóptero: controle vertical, longitudinal, lateral e direcional; tipos de rotores e suas articulações. Desempenho: voo pairado, vertical e à frente. Pane mono e bimotor: Autorrotação e Voo Categoria A. Resposta a comando. Estabilidade estática e dinâmica. Vibrações em helicópteros. Fenômenos relacionados a acidentes comuns: ressonância solo, rolamento dinâmico, mast bumping, choques das pás e operações com carga externa. **Bibliografia:** LEISHMAN G. J. Principles of Helicopter Aerodynamics. Cambridge Aerospace Series, 2nd edition, 2006; PROUTY, R.W., Helicopter Performance, Stability, and Control. Robert E. Krieger Publishing Co. Malabar, Fl, 2002; Johnson, W., Rotorcraft Aeromechanics. Cambridge University Press. 2013.

AS-704 Technology Fundamentals of Helicopters and Rotary-Wing Aircraft

Prerequisites: None. Class-hours: 48. Credits: 3. Historical summary of helicopters and rotary-wing aircraft in Brazil and the world. VTOL aircraft and helicopter configurations. Helicopter technology: vertical, longitudinal, lateral, and directional control; types of rotors, and their articulations. Performance: hover, vertical and forward flight. Single and twin-engine failure: Autorotation and Category A flight. Control response. Static and dynamic stability. Helicopter vibrations. Phenomena Related to Common Accidents: ground resonance, dynamic rollover, mast bumping, blade strike, and external load operations. **Bibliography:** LEISHMAN G. J. Principles of Helicopter Aerodynamics. Cambridge Aerospace Series, 2nd edition, 2006; PROUTY, R.W., Helicopter Performance, Stability, and Control. Robert E. Krieger Publishing Co. Malabar, Fl, 2002; Johnson, W., Rotorcraft Aeromechanics. Cambridge University Press. 2013.

AS-705 - Survivability de Aeronaves de Asas Rotativas e de Asa Fixa

Requisitos: não há. Duração: 40. Créditos: 2,5. **Ementa:** Conceitos básicos de aircraft 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 aeronaves: missões, ameaças e danos; análise missão-ameaça. Qualidade de voo: handling qualities; vibrações; carga de trabalho e limites operacionais. Vulnerabilidade de aeronaves: identificação de componentes críticos; modos de falha associados a danos; vulnerability assessment; redução da vulnerabilidade. Avaliação de cabine: ergonomia; instrumentos; alarmes; mapas de calor; saídas de emergência. Falhas de motor: processos de avaliação; certificação; interpretação de gráficos; autorrotação (helicópteros). **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-705 - Survivability of Rotary-Wing and Fixed-Wing Aircraft

Prerequisites: None. Class-hours: 40. Credits: 2.5. Basic concepts of aircraft survivability, susceptibility and vulnerability. Main characteristics of helicopters and rotary-wing aircraft: main rotor; tail rotor; fuselage; controls; blade flexibility. Survivability factors for aircraft: missions, threats and damage; mission-threat analysis. Flight stability and control: handling qualities; vibrations; workload and operational limits. Aircraft vulnerability: identification of critical components; failure modes associated with damage; vulnerability assessment; vulnerability reduction. Cabin assessment: ergonomics; instruments; alarms; heat maps;

emergency exits. Engine failures: evaluation processes; certification; graphic interpretation; autorotation (helicopters). **Bibliography:** 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. **Ementa:** Certificação aeronáutica. Sistema de Segurança de Voo. Regulamentos. Principais organizações (governamentais e civis). A ANAC. Processo de certificação de Tipo, de Produção. Processo de rulemaking. Certificação de empresas. Aeronavegabilidade continuada. Requisitos operacionais. Evolução da atividade de certificação. Manutenção MSG3. **Bibliografia:** Organização da Aviação Civil Internacional, Anexos 8; RBAC 21 – Certificação de Produto Aeronáutico; DE FLORIO, F. Airworthiness: an introduction to aircraft certification. Oxford: Elsevier, 2016.

AS-707 Aviation Certification

Prerequisites: None. Class-hours: 40. Credits: 2.5. Aviation certification. Airworthiness and safety regulation. Aviation safety agencies. ANAC. Type and manufacturing certification. Rulemaking. Continued airworthiness. Operational rules. Evolution of certification processes. MSG-3. **Bibliography.** ICAO - International Civil Aviation Certification, Annexes. RBAC 21 - Type Certification; DE FLORIO, F. Airworthiness: an introduction to aircraft certification. Oxford: Elsevier, 2016.

AS-711 - Confiabilidade e Segurança de Sistemas Aeronáuticos

Requisitos: não há. Duração: 48h. Créditos: 3. **Ementa:** Conceitos fundamentais: aeronavegabilidade, acidente, risco, segurança, falhas e erros, projeto fail safe, confiabilidade, manutenabilidade 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. Development assurance. 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. Despachabilidade e MMEL. Técnicas de determinação de confiabilidade e sua relação com segurança. RAMS. **Bibliography:** FAA and EASA airworthiness requirements and respective acceptable methods of compliance; SAE ARP 4761, Guidelines and Methods for Conducting the Safety Assessment Process on Civil Airborne Systems and Equipment; CUSIK S.K. et al., Commercial aviation safety ed. 6 McGraw Hill, 2017.

AS-711 - Reliability and Safety of Aeronautical Systems

Prerequisites: None. Class-hours: 48. Credits: 3. Concepts: airworthiness, accident, risk, safety, failures and errors, fail safe design, reliability, maintainability and availability. Safety requirements of civil and military systems. Systems safety assessment and risk assessment processes in the development phase. System design and architecture criteria. Human factors. Safety analysis techniques in development. Development assurance. Quantitative methods. Continued airworthiness. Safety assessment process in the operation phase and safety assessment techniques. Reliability Centered Maintenance (RCM) and the MSG-3 process. CMR requirements. Dispatchability and MMEL. Reliability determination

techniques and their relationship with safety. RAMS. **Bibliography:** FAA and EASA airworthiness requirements and respective acceptable methods of compliance; SAE ARP 4761, Guidelines and Methods for Conducting the Safety Assessment Process on Civil Airborne Systems and Equipment; CUSIK S.K. et al., Commercial aviation safety ed. 6 McGraw Hill, 2017.

AS-713 - Design for Safety

Requisitos: não há. Duração: 48h. Créditos: 3. **Ementa:** Visão comparativa entre as posturas tradicionais e integradas de desenvolvimento de produtos. Human-Factors centered design: requisitos de produto derivados a partir da pessoa usuária. Gestão de requisitos: garantia da incorporação de requisitos. 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. Casos de aplicação: desenvolvimento e discussão. **Bibliografia:** BACK, N., OGLIARI, A., DIAS, A. Projeto Integrado de Produtos. Editora Manole, 2008; 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-713 - Design for Safety

Prerequisites: None. Class-hours: 48. Credits: 3. **Ementa:** Comparison between traditional and integrated approaches towards product development. Human-Factors centered design: Product requirements identification derived from the user. Human-machine interface: comparison among complex products interfaces – machine-to-machine and human-to-machine. Design for Safety: method contextualization and practical implementation within the Integrated Product Development portfolio. Aeronautical case studies: development and discussion. **Bibliography:** BACK, N., OGLIARI, A., DIAS, A. Projeto Integrado de Produtos. Editora Manole, 2008; 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. **Ementa:** Importância dos materiais para aplicações aeronáuticas. Classificação dos materiais e suas principais propriedades físicas, químicas e mecânicas. Aspectos da seleção de materiais. Conceitos fundamentais relacionados aos materiais compósitos. Sistema de Segurança de Voo no Brasil e visão geral de como se realiza a investigação de um acidente/incidente aeronáutico. Apresentação da sequência 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; American Society for Metals. ASM handbook: failure analysis and prevention. 9th ed. Materials Park, OH: ASM International, 1995. (ASM handbook, v. 11).

AS-717 – Materials and Principles of Failure Analysis in Aeronautical Structures

Prerequisites: None. Class-hours: 48. Credits: 3. importance of materials for aeronautical use. Classification of the materials and its properties (physical, chemical and mechanical). Materials Selection. Fundamental concepts of Composites Materials. Brazilian flight safety system and general overview of an aircraft accident/incident investigation. Failure analysis sequence and applied techniques, procedures and precautions involved in the research process. Materials failure: types, causes and prevention. Case studies. **Bibliography:** 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; American Society for Metals. ASM handbook: failure analysis and prevention. 9th ed. Materials Park, OH: ASM International, 1995. (ASM handbook, v. 11).

AS-719 - Manutenção de Sistemas Aeronáuticos

Requisitos: não há. Duração: 40h. Créditos: 2,5. **Ementa:** Introdução. Requisitos e regulamentos aeronáuticos aplicáveis. ICAO. Programa de Manutenção. Manutenção On-Condition, Hard Time e Condition Monitoring. Diretrizes de Aeronavegabilidade. Publicações Técnicas. Planejamento da manutenção. Aeronavegabilidade continuada. Diagnóstico x Prognóstico (Health Monitoring). Pesquisa de Pane (Troubleshooting). Fatores humanos na manutenção. Suporte ao cliente (MEL, AOG, SBs, Overhaul, Logística). Terceirização de mão de obra técnica. Seleção, avaliação e qualificação de Fornecedores. Contratos de fornecimento de material (PBH - Power by the Hour). Contratos de leasing. Recebimento e entrega de aeronaves. **Bibliografia:** Aviation Maintenance Management, Second Edition, Harry Kinnison and Tariq Siddiqui, 2012; Order 8900.1, Flight Standard Information Management System, Vol 3, FAA, 2007; Human Factors in Aviation Maintenance – FAA. Acesso em https://www.faa.gov/about/initiatives/maintenance_hf, 2022.

AS-719 – Maintenance in Aeronautical Systems

Prerequisites: none. Class-hours: 40. Credits: 2.5. Introduction. Requisites and applicable aeronautical regulations. ICAO. Maintenance program. On-Condition maintenance, Hard Time and Condition Monitoring. Airworthiness directives. Technical publications. Maintenance planning. Continued airworthiness. Diagnostics x prognostics (Health Monitoring). Breakdown search (Troubleshooting). Human factors in maintenance. Customer support (MEL, AOG, SBs, Overhaul, Logistics). Outsourcing of technical human power. Selection, evaluation and qualification of suppliers. Material supply contracts (PBH - Power by the Hour). Leasing contracts. Aircraft reception and delivery. **Bibliografia:** Aviation Maintenance Management, Second Edition, Harry Kinnison and Tariq Siddiqui, 2012; Order 8900.1, Flight Standard Information Management System, Vol 3, FAA, 2007; Human Factors in Aviation Maintenance – FAA. Acesso em https://www.faa.gov/about/initiatives/maintenance_hf, 2022.

AS-721 – Logística no Desenvolvimento de Sistemas para Aviação Comercial

Requisitos: não há. Duração: 40h. **Ementa:** 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; ASD/AIA SX000i - International specification for Integrated Product Support (IPS), 2021.

AS-721 - Logistics Development in Commercial Aviation Systems

Prerequisites: none. Class-hours: 40. Credits: 2.5. Systems: Concepts and definitions. Life cycle of complex systems: Phases and logistics characteristics. Life cycle cost. Logistics performance measures for commercial aviation. Functional analysis and allocation of logistics requirements for commercial aviation. Logistics in systems development: Elements of integrated logistics support logistic support analysis for commercial aviation operation and maintenance logistics for commercial aviation. Strategic cost analysis. Life cycle support and procurement logistics support and parts inventory optimization (case study). Logistics systems integration capability (Case Study). Developing cargo and passenger terminal logistics (HUB airports) for commercial Aviation (case study).

Bibliography: 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; ASD/AIA SX000i - International specification for Integrated Product Support (IPS), 2021.

AS-729 - Gestão estratégica: uma Abordagem Aplicada aos Negócios da Aviação

Requisitos: não há. Duração: 40h. Créditos: 2,5. **Ementa:** 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. Management: Leading & Collaborating in a Competitive World. McGraw-Hill Education; 15^a ed, 2022; HITT, M.A. BLACK, S. PORTER, L. W. Management – 3rd edition. New Jersey: Pearson, 2013; GITMAN, L.J. Principles of Managerial Finance (13th edition). Pearson, 2010.

AS-729 – Strategic Management: An Aviation Business Approach

Prerequisites: None. Class-hours: 40. Credits: 2.5. Roles and Levels of Administration. Management approaches evolution (Classical and Contemporary Schools). Decision-making in management. Strategic Planning in aviation business organizations: planning levels – strategic, tactical and operational; strategic management processes: strategic guidelines, environmental analysis (external and internal); strategic formulation: business strategies. Companies' organization and its resources – basic foundations: authority and responsibility, breadth of control and delegation, decentralization versus departmentalization, matrix organizations; new organizational formats. Typical examples from the aerospace sector. Organizational culture, leadership and people management. Control: I. Establishing organizational control parameters: what, why and how to measure; II. Budget and financial controls: (a) accounting and financial statements: balance sheet, income statement, cash flow; (b) financial ratios: liquidity, leverage, profitability. Case studies applied to aviation business. Strategic maps and “balanced scorecards”. **Bibliography:** BATEMAN, T.S. SNELL, S.A. Management: Leading & Collaborating in a Competitive World. McGraw-Hill Education; 15^a ed, 2022; HITT, M.A. BLACK, S. PORTER, L. W. Management – 3rd edition. New Jersey: Pearson, 2013; GITMAN, L.J. Principles of Managerial Finance (13th edition). Pearson, 2010.

AS-731 – Segurança Operacional de Voo

Requisitos: não há. Duração: 40h. Créditos: 2,5. **Ementa:** Conceitos fundamentais; histórico; dados estatísticos. Perspectivas normativa, doutrinária, reativa, proativa, prospectiva; ferramentas de aplicação. Sistema de gerenciamento da segurança operacional. Fatores humanos em segurança operacional de voo. Modelos teóricos causais de acidentes aéreos. Estudo de casos. Aspectos jurídicos da segurança operacional de voo. Documentos Internacionais – Convenção de Aviação Civil Internacional, seus anexos e elementos doutrinários postos pela Organização de Aviação Civil Internacional. Legislação Brasileira aplicável. Órgãos com atribuições formais em favor da segurança operacional de voo no Brasil: ANAC, DECEA, CENIPA, Administrações Aeroportuárias. Sistema de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (SIPAER) órgãos, normas, doutrina, meios. **Bibliografia:** CORTES, Antonio, CUSICK, Stephen, RODRIGUES, Clarence, Commercial Aviation Safety, 6th Edition, New York: Mc Graw Hill Education, 2017; GOGLIA, John, HALFORD, Carl, STOLZER, Alan, Aviation Safety Management Systems, São José dos Campos: DCA-BR, 2011; ICAO, Safety Management Manual, 4th Edition, Montreal: ICAO, 2018.

AS-731 – Flight Operational Safety

Prerequisites: None. Class-hours: 40. Credits: 2.5. Fundamental concepts; historic; statistic data. Normative, doctrinal, reactive, proactive, prospective perspectives; application tools. Safety management system. Human factors in aviation safety. Theoretical causal models of air accidents. Case Study. Legal aspects of aviation safety. International Documents – Convention on International Civil Aviation, its annexes and doctrinal elements issued by the International Civil Aviation Organization. Applicable Brazilian legislation. Agencies with formal attributions in favor of flight safety in Brazil: ANAC, DECEA, CENIPA, Airport Administrations. Aeronautical Accident Investigation and Prevention System (SIPAER) organization, norms, doctrine, means. **Bibliography:** Bibliography: CORTES, Antonio, CUSICK, Stephen, RODRIGUES, Clarence, Commercial Aviation Safety, 6th Edition, New York: Mc Graw Hill Education, 2017; GOGLIA, John, HALFORD, Carl,

STOLZER, Alan, Aviation Safety Management Systems, Sao Jose dos Campos: DCA-BR, 2011; ICAO, Safety Management Manual, 4th Edition, Montreal: ICAO, 2018.

AS-733 – Gerenciamento de Crises e Planejamento de Contingências

Requisitos: não há. Duração: 40h. Créditos: 2,5. **Ementa:** Conceitos gerais de gerenciamento de crises, resiliência corporativa, 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 situações de crise. Técnicas de intervenção em incidente crítico em geral e o atendimento em caso de acidente aeronáutico. Palestras com especialistas nos temas apresentados. **Bibliografia:** NATIONAL TRANSPORTATION SAFETY BOARD, Federal Family Assistance Plan for Aviation Disasters, 2008; IAC 200-1001 – ANAC, 2005; ADUBATO, S., What Were They Thinking: Crisis Communication, The Good, The Bad And The Totally Clueless, Rutgers University Press, 2008.

AS-733 - Crises Management and Contingency Planning

Prerequisites: None. Class-hours: 40. Credits: 2.5. General concepts of crises management, corporate resilience, contingency planning, business continuity. Crises management planning model and its various phases. Crises management in commercial aviation. Standardization and relevant Brazilian and international legislation. Presentation of cases of failures and successes in responding to aeronautical accidents in commercial aviation. Anticipation and recognition of signs of crisis. Civil Defense and the role of public authorities in responding to critical incidents. Crisis Communication Plans: concepts, components, examples. Composition of the crisis management team and its preparation. General rules of intercommunication in crisis situations. Critical incident intervention techniques in general and assistance in the event of an aeronautical accident. Lectures with experts on the topics presented. **Bibliography:** NATIONAL TRANSPORTATION SAFETY BOARD, Federal Family Assistance Plan for Aviation Disasters, 2008; IAC 200-1001 – ANAC, 2005; ADUBATO, S., What Were They Thinking: Crisis Communication, The Good, The Bad And The Totally Clueless, Rutgers University Press, 2008.

AS-735 – Responsabilidade Civil e Aspectos Legais em Segurança de Aviação

Requisitos: não há. Duração: 32h. Créditos: 2. **Ementa:** Responsabilidade civil (visão geral). Responsabilidade civil no Direito Aeronáutico. Legislação nacional e internacional (Tratados) sobre Responsabilidade Civil. Limitação/Exclusão de Responsabilidade no Direito Aeronáutico. Causas de Responsabilidade Civil no Direito Aeronáutico envolvendo acidente e incidente aeronáutico. Seguro Aeronáutico. Visão do Judiciário (Jurisprudência). Aspectos Criminais. Estudos de casos envolvendo a temática. **Bibliografia:** STOCO, R., Tratado de Responsabilidade Civil - Doutrina e Jurisprudência. Ed. Revista dos Tribunais, 10a Ed. 2015; MORSELLO, M. F., Responsabilidade Civil no Transporte Aéreo. Ed. Atlas, 2006; GONÇALVES, C.R., Responsabilidade Civil / Carlos Roberto Gonçalves. – 21. ed. – São Paulo: SaraivaJur, 2022.

AS-735 - Civil Liability and Legal Aspects in Aviation Safety

Prerequisites: None. Duration: 32 hours. Credits: 2. Civil Liability (Overview). Civil liability in aviation law. National and international legislation (Treaties) on Civil Liability. Limitation/Exclusion of Liability in Aeronautical Law. Causes of Civil Liability in Aeronautical Law involving aeronautical accident and incident. Aeronautical Insurance. View of the Judiciary (Jurisprudence). Criminal Aspects. Case studies involving the theme. **Bibliography** STOCO, R., Tratado de Responsabilidade Civil - Doutrina e Jurisprudência. Ed. Revista dos Tribunais, 10a Ed. 2015; MORSELLO, M. F., Responsabilidade Civil no Transporte Aéreo. Ed. Atlas, 2006; GONÇALVES, C.R., Responsabilidade Civil / Carlos Roberto Gonçalves. – 21. ed. – São Paulo: SaraivaJur, 2022.

AS-737 - Contratos em Aviação

Requisitos: não há. Duração: 32h. Créditos: 2. **Ementa:** Contratos: Conceito, generalidades e princípios básicos. 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. Negociação e elaboração de contratos. 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, 2009; GAGLIANO, Pablo Stolze Novo Curso de Direito Civil – Contratos – v. 4 / Pablo Stolze Gagliano, Rodolfo Pamplona Filho. – 5. ed. – São Paulo: SaraivaJur, 2022; VICENTE, D.M., Da Responsabilidade Pré-Contratual em Direito Internacional Privado: ALMEDINA, 2001.

AS-737 - Aviation Contracts

Prerequisites: None. Duration: 32 hours. Credits: 2. Contracts: Concept, generalities and basic principles. Main types of existing contracts. Aircraft: definition, classification, forms of acquisition and loss of property. Main aircraft contracts: construction, purchase and sale, lease, lease, leasing, charter, mortgage. insurance. Negotiation and drafting of contracts. International contracts: elements, characteristics, negotiation. Relevant legislation and conventions. Aircraft Registration. **Bibliography:** ROPPO, E., O contrato. Trad. Ana Coimbra e M. Januário C. Gomes. Coimbra: Almedina, 2009; GAGLIANO, Pablo Stolze Novo Curso de Direito Civil – Contratos – v. 4 / Pablo Stolze Gagliano, Rodolfo Pamplona Filho. – 5. ed. – São Paulo: SaraivaJur, 2022; VICENTE, D.M., Da Responsabilidade Pré-Contratual em Direito Internacional Privado: ALMEDINA, 2001.

AS-739 - Aeroportos e Segurança

Requisitos: não há. Duração: 40h. Créditos: 2,5. **Ementa:** Transporte aéreo e aeroportos. Lado aéreo: orientação e geometria de pistas. Características dos componentes físicos de um aeroporto. Avaliação de capacidades e técnicas de dimensionamento. Os planos de proteção ao aeródromo e à aviação. O aeroporto e o meio ambiente. Critérios para seleção de sítios aeroportuários. Segurança operacional. Heliportos. Plano Diretor. **Bibliografia:** LOPES, D.R. e RODRIGUES, O. S., Aeroportos: Tópicos em planejamento e projeto. Appris, Curitiba, 2021; HORONJEFF, R. et al., Planning and Design of Airports. Fifth Edition. McGraw-Hill Co., United States of America, 2010; ANAC, Projeto de Aeródromos. RBAC 154 – Emenda 7, Brasília, 2021.

AS-739 – Airports and Safety

Prerequisites: None. Class-hours: 40. Credits: 2.5. Air transportation and airport. Airside: guidance and runway geometry. Installations characteristics in the airport. Capacity evaluation. Design considerations. Runway protection zones. The airport and the environment. Criteria for airport site selection. Safety and security. Heliports. Master plan.

Bibliography: LOPES, D.R. e RODRIGUES, O.S., Aeroportos: Tópicos em planejamento e projeto. Appris, Curitiba, 2021; HORONJEFF, R. et al., Planning and Design of Airports. Fifth Edition. McGraw-Hill Co., United States of America, 2010; ANAC, Projeto de Aeródromos. RBAC 154 – Emenda 7, Brasília, 2021.

AS-741 - Ambiente de Negócios em Aviação: uma Perspectiva Estratégica

Requisitos: não há. Duração: 40h. Créditos: 2,5. **Ementa:** 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, 2005; FINE, C. H. Clockspeed: Winning Industry Control in the Age of Temporary Advantage. Basic Books, 1999; PORTER, M. E. Competitive Strategy: Techniques for Analyzing Industries and Competitors. Free Press, 1998.

AS-741 – Aerospace Industry and its Business Environment Analysis: A Strategic Perspective

Prerequisites: None. Class-hours: 40. Credits: 2.5. Scenario’s Building and Strategic Thinking. Foundations of Business Strategy: origins of Strategy; competitive environment versus organizational strategies; competitive advantage; and industries structural analysis – the Porter and Fine Models. The Global Business Environment for the Aerospace Industry: its strategic role; the sector profile; and the main agents (“players”) of this industry. Sector Opportunity Areas: civil aviation and the air transport industry; space industry; and defense industry. The pillars of the Aerospace Sector: government policies; global market; new business models; workforce; and research and development. The Aerospace Industry in Brazil: the role and profile of the sector; the main agents (“players”) of the industry; Business Trends. **Bibliography:** LAUDICINA, P. A. World out of Balance – Navigating Global Risks to Seize Competitive Advantage. New York: McGraw-Hill, 2005; FINE, C. H. Clockspeed: Winning Industry Control in the Age of Temporary Advantage. Basic Books, 1999; PORTER, M. E. Competitive Strategy: Techniques for Analyzing Industries and Competitors. Free Press, 1998.

AS-745 - Economia do Transporte Aéreo

Requisitos: não há. Duração: 40 horas. Créditos: 2,5. **Ementa:** Importância econômica e social do transporte aéreo. Demanda e demanda derivada. Oferta. Produção e custos. Elasticidades. Eficiência e custos externos. Questões ambientais. Modelos de negócios de companhias aéreas: full service, low cost e ultra low cost. Modelos híbridos. Mercados e

estrutura competitiva: fusões e aquisições. Regulação e defesa da concorrência. **Bibliografia:** VARIAN, H. Microeconomia: Uma abordagem moderna, GEN Atlas, 9a. ed. (trad.), São Paulo, 2015. BITZAN, J.; PEOPLES, J.; WILSON, W. Advances in Airline Economics, vol. 5 - Airline Efficiency, Emerald Group Publishing Limited, Bingley, West Yorkshire, 2016. DOGANIS, R. Flying off course: Airlines economics and marketing, Routledge, 5a. ed., London and New York, 2019.

AS-745 - Economics of the Air Transport

Prerequisites: None. Class-hours: 40. Credits: 2.5. Economic and social importance of air transport. Demand and derived demand. Supply. Production and costs. Elasticities. Efficiency and external costs. Environmental issues. Airline business models: full service, low cost and ultra low cost. Hybrid models. Markets and competitive structure: mergers and acquisitions. Regulation and defense of competition. **Bibliography:** VARIAN, H. Microeconomia: Uma abordagem moderna, GEN Atlas, 9a. ed. (trad.), São Paulo, 2015. BITZAN, J.; PEOPLES, J.; WILSON, W. Advances in Airline Economics, vol. 5 - Airline Efficiency, Emerald Group Publishing Limited, Bingley, West Yorkshire, 2016. DOGANIS, R. Flying off course: Airlines economics and marketing, Routledge, 5a. ed., London and New York, 2019.

AS-749 - Análise Operacional e Gerencial de Aeroportos

Requisitos: não há. Duração: 40h. Créditos: 2,5. **Ementa:** O transporte aéreo e os aeroportos. O aeroporto como um sistema operacional. Desafios e Planejamento. Picos de tráfego. Entorno aeroportuário e suas relações com o meio-ambiente e vizinhança (ruído). Características operacionais de aeronaves. Prontidão operacional. Processamento de bagagem. Operações no terminal de passageiros. Segurança aeroportuária. Operações de carga. Acesso terrestre ao aeroporto. Indicadores de desempenho. Centro de controle operacional. **Bibliography:** 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-749 - Airports: Management and Operations

Prerequisites: None. Class-hours: 40. Credits: 2.5. Air transportation and airports. Airport as a system. Challenges and Planning. Peak-Hour. Airport surroundings and their relationship with the environment and neighborhood (noise). Aircraft operational characteristics. Operational readiness. Baggage processing. Passenger terminal operations. Airport security. Cargo operations. Ground access. Performance indicators. Operational control center. **Bibliography:** 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. **Ementa:** Introdução à Medicina Aeroespacial. A Atmosfera. Leis dos Gases. Anatomia e Fisiologia Cardiorrespiratória. Hipóxia. Aerodilatação. Doença da Descompressão. Acelerações. Desorientação Espacial. Visão em aviação. Ruídos em Aviação. Vibrações. Radiações em Aviação. Tóxicos em

Aviação. Dessincronose. Riscos Ocupacionais em Aviação. Fadiga de Voo. Transporte Aeromédico. Acidentes Aeronáuticos. A Investigação Médica. **Bibliography:** Artigos do periódico Aerospace Medicine and Human Performance. Editado pela Aerospace Medical Association (www.asma.org); DAVIS, J.R. et al. (Ed.). Fundamentals of aerospace medicine. 5th ed. Philadelphia: Wolters Kluwer Health, 2022; RAINFORD, D.J.; GRADWELL, D.P. (Ed.). Ernsting's aviation medicine. 5th ed. London: Taylor & Francis Group, 2016.

AS-771 - Aerospace Medicine

Prerequisites: None. Class-hours: 40. Credits: 2.5. Introduction to Aerospace Medicine. The Atmosphere. The Gas Laws. Cardiorespiratory Anatomy and Physiology. Hypoxia. Gas Expansion. Decompression Sickness. Accelerations. Spatial Disorientation. Vision in Aviation. Noises in Aviation. Vibrations. Radiations in Aviation. Toxics in Aviation. Desynchronosis. Occupational Risks in Aviation. Flight Fatigue. Aeromedical Transport. Aviation Accidents. Medical Investigation. **Bibliography:** Articles from the journal Aerospace Medicine and Human Performance. Edited by Aerospace Medical Association (www.asma.org); DAVIS, J.R. et al. (Ed.). Fundamentals of aerospace medicine. 5th ed. Philadelphia: Wolters Kluwer Health, 2022; RAINFORD, D.J.; GRADWELL, D.P. (Ed.). Ernsting's aviation medicine. 5th ed. London: Taylor & Francis Group, 2016.

AS-773 - Psicologia em Aviação

Requisitos: não há. Duração: 40h. Créditos: 2,5. **Ementa:** 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. **Bibliography:** 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-773 – Aviation Psychology

Prerequisites: None. Class-hours: 40. Credits: 2.5. Aviation Psychology in National and International context: historical perspective. The role of an Aviation Psychologist. Operating in different areas. Human error and its participation in accidents: concepts, types and forms of management. Reaction to change. Psychological aspects of prevention. Prevention of Human error. **Bibliography:** 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-795 Seminário de Ciência Política e Relações Internacionais com Foco em Aviação e Tecnologia Aeronáutica

Requisitos: não há. Duração: 40h. Créditos: 2,5. **Ementa:** A natureza das relações de poder no sistema internacional. Os principais atores do sistema. Conceitos centrais para a análise

das relações internacionais. Os mecanismos de estabilização do sistema. Cooperação e conflito. O papel das organizações e instituições internacionais. Organizações funcionais. O Sistema das Nações Unidas. As organizações não governamentais. O Dilema de segurança. Segurança coletiva. A questão nuclear. Terrorismo. Guerras de novo tipo. Globalização e fragmentação das relações internacionais. O problema da governança. Transformações contemporâneas do sistema internacional. História da Aviação e o Direito Aeronáutico: linhas gerais. Sistemas de Aviação e Segurança de Voo. O Direito Aeronáutico Contemporâneo e o Sistema de Aviação Civil. Direito Aeronáutico e Direito Público e Direito Privado. O conteúdo do Direito Aeronáutico (civil, processual e administrativo). Projetos multinacionais na indústria aeronáutica. Tecnologias internacionais de navegação aérea e de controle do espaço aéreo. Sistemas satelitais e sua utilização internacional. O papel do poder aéreo na ordem internacional. **Bibliografia:** Robert Jackson e Georg Sorensen: Introdução às relações internacionais. Zahar. 2018; Escalada, Federico Videla N. Manual de Derecho Aeronautico. 3a Edição. Buenos Aires: Zavalia, 2007; Galotti, Vincent P. The Future Air Navigation System (FANS): Communications, Navigation, Surveillance – Air Traffic Management (CNS/ATM). Routledge Revivals. 2019.

AS-795 Seminar on Political Science and International Relations with a Focus on Aviation and Aeronautical Technology

Prerequisites: None. Class-hours: 40. Credits: 2.5. The nature of power relations in the international system. The principal actors in the system. Core concepts for the analysis of international relations. System-stabilization mechanisms. Cooperation and conflict. The role of international organizations and institutions. Functional organizations. The United Nations system. Non-governmental organizations. The security dilemma. Collective security. The nuclear question. Terrorism. "New wars." Globalization and the fragmentation of international relations. The problem of governance. Contemporary transformations of the international system. History of aviation and Aeronautical Law: an overview. Aviation systems and flight safety. Contemporary Aeronautical Law and the civil aviation system. Aeronautical Law, Public Law, and Private Law. The scope of Aeronautical Law (civil, procedural, and administrative). Multinational projects in the aeronautical industry. International technologies for air navigation and airspace control. Satellite systems and their international use. The role of air power in international order.

Bibliography: Robert Jackson e Georg Sorensen: Introdução às relações internacionais. Zahar. 2018; Escalada, Federico Videla N. Manual de Derecho Aeronautico. 3a Edição. Buenos Aires: Zavalia, 2007; Galotti, Vincent P. The Future Air Navigation System (FANS): Communications, Navigation, Surveillance – Air Traffic Management (CNS/ATM). Routledge Revivals. 2019.

AS-797 Aerodinâmica e Desempenho de Helicópteros e Aeronaves de Asas Rotativas

Requisitos: Não há. Duração: 48h. Créditos: 3,0. **Ementa:** Resumo histórico e retrospecto do cenário de "rotorcraft". Configurações. Tipos de sistemas de rotores. Aerodinâmica e desempenho do voo pairado e do voo 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 voo pairado: efeitos de perda de ponta, contração da esteira, não-uniformidade 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 voo em descida vertical. Aerodinâmica do voo à frente: teoria da quantidade-de-movimento. Subida, descida e autorotação em voo à frente. Movimento elementar da pá: origem e interpretação física dos movimentos de flapping (batimento),

lead-lag (avanço-atraso) e feathering (pitch). 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; GESSOW, A. and MYERS, G.C., Aerodynamics of the Helicopter, College; Park Press, Maryland, 1985; LEISHMAN, J.G., Principles of Helicopter Aerodynamics, Cambridge Aerospace Series, 2006.

AS-797 Aerodynamics and Performance of Helicopter and Rotary-Wing Aircraft

Prerequisites: None. Class-hours: 48. Créditos: 3.0. Historical summary and review of the rotorcraft scenario. Configurations. Types of rotor systems. Aerodynamics and performance of the hovering and vertical climb flights: momentum and blade-element theories. Vorticity theory concepts. Factors that affect the hovering flight performance: blade-tip losses, wake contraction, non-uniformity of induced velocity distribution, twist and taper, wake rotation, dynamic stall and divergence drag. Ground effect. Aerodynamics and performance of vertical descend flight. Aerodynamics and performance of the forward flight: momentum theory. Climb, descend and autorotation in forward flight. Elementary motion of the blade: origin and physical interpretation of blade flapping, lead-lag and feathering (pitch) movements. Reverse flow region. Definition of planes for the forward flight equations. Calculation of the power in forward flight. Blade flapping dynamics equation. **Bibliography:** JOHNSON, W., Rotorcraft Aeromechanics, Cambridge University Press, 2013; GESSOW, A. and MYERS, G.C., Aerodynamics of the Helicopter, College; Park Press, Maryland, 1985; LEISHMAN, J.G., Principles of Helicopter Aerodynamics, Cambridge Aerospace Series, 2006.

AS-799 - Metodologia do Trabalho Científico

Requisitos: não há. Duração: 40h. Créditos: 2,5. **Ementa:** Introdução ao pensamento científico: histórico e princípios filosóficos do conhecimento. Conhecimento racional, intelectual e científico. Lógica formal, ideia 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 das hipóteses, metodologia, instrumentos, tratamento dos dados, resultados, discussão, cronograma, custos. Conhecimento e aplicação das normas de documentação: apresentação e projeto gráfico de um trabalho técnico-científico; estrutura, apresentação de tabelas e gráficos, notas de rodapé, resumo, sumário, 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:** SEVERINO, A.J., Metodologia do Trabalho Científico. 24. ed. São Paulo: Cortex, 2018; Regras de utilização dos serviços, produtos e recursos informacionais da Divisão de Informação e Documentação – Biblioteca do ITA; ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14724: informação e documentação: trabalhos acadêmicos: apresentação. Rio de Janeiro: 2011.

AS-799 – Methodology of Scientific Work

Prerequisites: None. Class-hours: 40. Credits: 2.5. Introduction to the scientific thought: history and philosophical principles of knowledge. Rational, intellectual, and scientific knowledges. Formal logic, idea, judgement. Deductive reasoning. Applied logic: scientific methodology. Science fields and science products. Relationship between Academy and professional practice. Academic career, objectives of Specialization, Master and Doctoral programs. Scientific publications: classification and goals. Research: ethical principles, viability, viability. Data bank and structured search for information: the use of a specialized library; services and available products in libraries for scientific and technological research. Literature review: Systematic review. Structure of a research project: theme, justification, general objective, formulation of the research problem, formulation of the hypotheses, methodology, instruments, data treatment, results, discussion, chronogram, costs. Knowledge and application of documentation rules; presentation and graphic project of a technical-scientific work; structure, presentation of tables and graphics, footnotes, abstract, summary, citations and references. Sketch of a Course's Graduate Work, of a Master's Dissertation and of a Doctoral Thesis. **Bibliography:** SEVERINO, A.J., Metodologia do Trabalho Científico. 24. ed. São Paulo: Cortex, 2018; Regras de utilização dos serviços, produtos e recursos informacionais da Divisão de Informação e Documentação – Biblioteca do ITA; ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14724: informação e documentação: trabalhos acadêmicos: apresentação. Rio de Janeiro: 2011.

9.3 - MESTRADO PROFISSIONAL EM COMPUTAÇÃO DE MISSÃO CRÍTICA (MP/COMP)

Coordenador: Inaldo Capistrano Costa

Os objetivos do Mestrado Profissional em Computação de Missão Crítica 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-os especialistas 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 criatividade;
- Propiciar ao aluno, de forma mais direcionada, a capacitação básica em projeto, análise e desenvolvimento de sistemas computacionais, visando 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 MP/COMP 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.

O MP/COMP 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 para Missão Crítica, incluindo Sistemas Embarcados e Sistemas Autônomos. Adicionalmente, a área trata da 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. Inclui a análise e extração de conhecimento de dados, Ciência de Dados, além de técnicas inteligentes associadas a Inteligência Artificial e Aprendizado de Máquina. Adicionalmente, a área trata de sistemas de informações, compreendendo métodos e técnicas relacionadas ao armazenamento, processamento e recuperação de informação de negócios.

9.3.1 Estrutura Curricular

A estrutura curricular é definida para cada turma a partir de um conjunto de disciplinas que constam listadas a seguir. Para cada turma, as disciplinas são oferecidas de forma seriada e divididas em fases. Abaixo estão descritas as disciplinas.

Disciplinas

CP-391	Seminários de Pesquisa em Computação de Missão Crítica I
CP-392	Seminários de Pesquisa em Computação de Missão Crítica II
CP-500	Dissertação de Mestrado
CP-701	Introdução a Engenharia de Sistemas Computacionais
CP-702	Análise de Algoritmos e Complexidade
CP-703	Engenharia em Sistemas Aeronáuticos
CP-704	Metodologia de Pesquisa em Computação
CP-711	Sistemas Embarcados de Tempo Real
CP-712	Desenvolvimento de Software em Sistemas Críticos
CP-713	Internet das Coisas
CP-714	Qualidade, Confiabilidade e Segurança de Software
CP-715	Inteligência Artificial para Robótica Móvel
CP-721	Fundamentos de Segurança Cibernética
CP-722	Fundamentos de Criptografia
CP-723	Operações Cibernéticas e Jogos de Guerra Cibernética
CP-724	Segurança em Sistemas Críticos

CP-725	Inteligência Artificial para Segurança Cibernética
CP-726	Modelos e Técnicas para Análise de Safety e Security de Sistemas Ciberfísicos Críticos
CP-731	Engenharia de Requisitos em Sistemas de Informação
CP-732	Teste de Software
CP-733	Projeto de Sistemas de Banco de Dados
CP-734	Arquitetura Orientada a Serviços
CP-735	Engenharia de Software
CP-736	Gestão Ágil de Projetos
CP-741	Inteligência Artificial
CP-742	Aprendizado de Máquina e Reconhecimento de Padrões
CP-743	Representação de Conhecimento e Inferência
CP-744	Técnicas de Armazenamento e Análise de Dados Massivos
CP-746	Introdução a Análise de Dados

9.3.2 EMENTAS - MP-COMP

CP-391- Seminários de Pesquisa em Computação de Missão Crítica I

Requisitos: não há. Duração: 16h. Créditos: 1. **Ementa:** Tópicos relevantes em computação de missão crítica expostos por especialistas da área, trabalhos de dissertações em andamento expostos por alunos do programa de pós-graduação, ou visitas técnicas.

Bibliografia: Literatura ou Artigos relacionados aos tópicos a serem apresentados.

CP-392- Seminários de Pesquisa em Computação de Missão Crítica II

Requisitos: não há. Duração: 16h. Créditos: 1. **Ementa:** Tópicos relevantes em computação de missão crítica expostos por especialistas da área, trabalhos de dissertações em andamento expostos por alunos do programa de pós-graduação, ou visitas técnicas.

Bibliografia: Literatura ou Artigos relacionados aos tópicos a serem apresentados.

CP-500- Dissertação de Mestrado

Requisitos: não há. Duração: -- . Créditos: Não se aplica. **Ementa:** Desenvolvimento e escrita da dissertação.

CP-701 - Introdução à Engenharia de Sistemas Computacionais

Requisitos: não há. Duração: 32h. Créditos: 2. **Ementa:** 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. Projeto preliminar de pesquisa de mestrado (proposta de dissertação). Tanenbaum, A. S. Sistemas Operacionais. **Bibliografia:** Pearson, 4^a Edição, 2016. Silberschatz, A., Galvin, P.B., Gagne, G. Fundamentos de Sistemas Operacionais. LTC 9^a Edição, 2015. Kurose, J.F., Ross, K.W. Computer Networking, Pearson, 7a. Edição, 2017.

CP-702 - Análise de Algoritmos e Complexidade

Requisitos: não há. Duração: 32h. Créditos: 2. **Ementa:** 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:** 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.

CP-703 - Engenharia em Sistemas Aeronáuticos

Requisitos: não há. Duração: 32h. Créditos: 2. **Ementa:** 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. **Bibliografia:** 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.

CP-704 – Metodologia de Pesquisa em Computação

Requisitos: não há. Duração: 32h. Créditos: 2. **Ementa:** Classificação das Pesquisas em Ciência da Computação; Enunciado de Problemas e Questões de Pesquisa; Elementos da Pesquisa; Gestão de Referências Bibliográficas; Tipos de Eventos e Publicações em Computação; Mapeamento e Revisão Sistemática da Literatura; Escrita Acadêmica de Artigos Científicos; Ética Acadêmica e Plataforma Brasil; Uso do LaTeX e Overleaf para escrita acadêmica. **Bibliografia:** WAZLAWICK, R. S. Metodologia de Pesquisa para Ciência da Computação, 3^a ed., LTC, 2020. DREASCH, A., LACERDA, D. P., ANTUNES, J. A. V. J. Design Science Research: Método de Pesquisa para Avanço da Ciência e Tecnologia, 1^a ed. Bookman, 2014. Nakagawa, E. Revisão Sistemática da Literatura em Engenharia de Software: Teoria e Prática, 1^a.ed., LTC, 2017.

CP-711 - Sistemas Embarcados de Tempo Real

Requisitos: não há. Duração: 32h. Créditos: 2. **Ementa:** 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. **Bibliografia:** 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.

CP-712 - Desenvolvimento de Software em Sistemas Críticos

Requisitos: não há. Duração: 32h. Créditos: 2. **Ementa:** Visão Geral de Desenvolvimento de Sistema; Visão Geral de 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. **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. 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.

CP-713 - Internet das Coisas

Requisitos: não há. Duração: 32h. Créditos: 2. **Ementa:** Fundamentos de Internet das coisas (IoT). Modelos de referência e Arquiteturas. Métodos de Desenvolvimento de Sistemas. Conectividade da Coisa. Aspectos de Implantação: Computação na Nuvem, Névoa e Borda. Plataformas de IoT. Análise de Dados dos sensores. Aspectos de Segurança da Informação, Segurança Física e Privacidade. Aplicações para IoT: Smart Cities, Smart Health, Smart Transportation, Industry 4.0. **Bibliografia:** (1) Rajkumar Buya, Amir Vahid Dastjerdi. Internet of Things - Principles and Paradigms, Elsevier Inc. 2016. (2) Qusay F. Hassan, Internet of Things A to Z: Technologies and Applications, IEEE, 2018, pp.doi: 10.1002/9781119456735.index. (3) Perry Lea. Internet of Things for Architects, Packt Publish, 2018.

CP-714 - Qualidade, Confiabilidade e Segurança de Software

Requisitos: não há. Duração: 32h. Créditos: 2. **Ementa:** 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:** 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.

CP-715 - Inteligência Artificial para Robótica Móvel

Requisitos: não há. Duração: 32h. Créditos: 2. **Ementa:** 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. **Bibliografia:** 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.

CP-721 - Fundamentos de Segurança Cibernética

Requisitos: não há. Duração: 32h. Créditos: 2. **Ementa:** 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. **Bibliografia:** 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.

CP-722 - Fundamentos de Criptografia

Requisitos: não há. Duração: 32h. Créditos: 2. **Ementa:** Revisão de Aritmética Computacional. Algoritmos Probabilísticos. Criptosistemas: com chave simétrica e chave pública. Criptoanálise básica. Protocolos Criptográficos. **Bibliografia:** MENEZES, A.J. Handbook of Applied Cryptography (Discrete Mathematics and Its Applications), CRC Press, 1996. PAAR, C. and PELZI, J. Understanding Cryptography: A Textbook for Students and Practitioners, Springer, 2010. SCHNEIER, B. Applied Cryptography: Protocols, Algorithms and Source Code in C, Wiley, NY, 2015.

CP-723 - Operações Cibernéticas e Jogos de Guerra Cibernética

Requisitos: não há. Duração: 32h. Créditos: 2. **Ementa:** 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 Riper, nessus. Montagem de ambientes de jogos de guerra cibernéticas. **Bibliografia:** Kennedy, D. (2011). Metasploit: The Penetration Tester's Guide (1rst 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.

CP-724 - Segurança em Sistemas Críticos

Requisitos: não há. Duração: 32h. Créditos: 2. **Ementa:** 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. **Bibliografia:** 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.

CP-725 - Inteligência Artificial para Segurança Cibernética

Requisitos: não há. Duração: 32h. Créditos: 2. **Ementa:** 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. **Bibliografia:** 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.

CP-726 – Modelos e Técnicas para Análise de Safety e Security de Sistemas Ciberfísicos Críticos

Requisitos: não há. Duração: 32h. Créditos: 2. **Ementa:** Principais conceitos de segurança de safety e security. Visão geral de sistemas ciberfísicos críticos. Detalhamento dos componentes de sistemas ciberfísicos críticos e suas possíveis falhas e vulnerabilidades. Modelo de acidentes (STAMP). Técnicas de análise de safety (STPA, CAST, FTA, FMEA). Técnicas de análise de security (STRIDE). Attack Trees. Táticas e tecnologias defensivas. **Bibliografia:** LEVESON, N.G. & THOMAS, J. STPA Handbook. MIT, 2018. SHOSTACK, A. Threat Modeling: Designing for Security. Wiley, 2014. LEVESON, N.G. Engineering a Safer World: Systems Thinking Applied to Safety. The MIT Press, 2012.

CP-731 - Engenharia de Requisitos em Sistemas de Informação

Requisitos: não há. Duração: 32h. Créditos: 2. **Ementa:** Introdução: Requisitos, Tipos de Requisitos, Níveis de Requisitos. Processo de Engenharia de Requisitos: 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. **Bibliografia:** 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.

CP-732 – Teste de Software

Requisitos: não há. Duração: 32h. Créditos: 2. **Ementa:** 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. **Bibliografia:** 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.

CP- 733 - Projeto de Sistemas de Banco de Dados

Requisitos: não há. Duração: 32h. Créditos: 2. **Ementa:** 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:** 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., SILBERSCHATZ, A., and SUDARSHAN, S. "Sistema de Banco de Dados", 6a Ed. São Paulo, SP: Elsevier - Campos, 2012.

CP-734 - Arquitetura Orientada a Serviços

Requisitos: não há. Duração: 32h. Créditos: 2. **Ementa:** Conceitos de orientação a serviços. Infraestrutura SOA, Serviços Web, Microsserviços e Serviços REST. Modelagem, Orquestração e Composição de serviços. Interoperabilidade e serviços semânticos. Desenvolvimento de aplicações orientada a serviços. **Bibliografia:** 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.

CP-735 - Engenharia de Software

Requisitos: não há. Duração: 32h. Créditos: 2. **Ementa:** 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. **Bibliografia:** 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.

CP-736 - Gestão Ágil de Projetos

Requisitos: não há. Duração: 32h. Créditos: 2. **Ementa:** A Agilidade como ferramenta de mudança cultural e transformação digital. Cultura ágil: Manifesto Ágil, Valores, Princípios e equipes ágeis. Gerenciamento ágil de projetos e o ciclo de vida de produtos. Gerenciamento de requisitos, estórias do usuário e o papel do Product Owner. Processos Ágeis. **Bibliografia:** PERKIN, N. and ABRAHAM, P. Building the Agile Business through Digital Transformation. Kogan Page; 2nd edition, 2021. CAMPBEL, A. Agile: Essentials of Team and Project Management. Manifesto for Agile Software Development. Independently Published, 2020. PALFREYMAN, J. Digital Transformation Handbook: An agile approach to maximise value. Palfreyman Ventures Limited, Edition 1.0, 2020."

CP-741 - Inteligência Artificial

Requisitos: não há. Duração: 32h. Créditos: 2. **Ementa:** 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. **Bibliografia:** 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.

CP-742 - Aprendizado de Máquina e Reconhecimento de Padrões

Requisitos: não há. Duração: 32h. Créditos: 2. **Ementa:** 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. **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. 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.

CP-743 - Representação de Conhecimento e Inferência

Requisitos: não há. Duração: 32h. Créditos: 2. **Ementa:** A linguagem da lógica de primeira ordem. Formas de expressar conhecimento. Resolução. Inferência: Cláusulas de horn, Controle procedural 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. SanFrancisco: Morgan

Kaufmann, 2011. RUSSEL, S.; NORVIG, P. Artificial Intelligence - AModern Approach. Upper Saddle River: Prentice-Hall, 2011. SOWA, J.F. KnowledgeRepresentation: Logical, Philosophical, and Computational Foundations. Pacific Grove: Brooks Cole, 2000.

CP-744 - Técnicas de Armazenamento e Análise de Dados Massivos

Requisitos: não há. Duração: 32h. Créditos: 2. **Ementa:** 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 BigData: Preparing, Sharing, and Analyzing Complex Information. Waltham: MorganKaufmann, 2013. 1^a ed. SADALAGE, P. J.; FOWLER, M. NoSQL Distilled: A Briefguide to the Emerging World of Polyglot Persistence. Crawfordsville: Pearson Education,2013. 164 p.

CP-746 - Introdução a Análise de Dados

Requisitos: não há. Duração: 32h. Créditos: 2. **Ementa:** O que é Ciência de Dados e suas aplicações. Revisão de conceitos de Probabilidade e Estatísticas. Fundamentos de Álgebra Linear. Estruturas de Dados aplicada: árvores, grafos, dicionários e coleções. Conceitos de modelagem de problema e aprendizado. Ambiente independente e identicamente distribuído. Definições de dados, informação e conhecimento. Etapas da Ciência de Dados: coleta, integração e armazenamento de dados; análise exploratória e visualização de dados; limpeza de dados; ajuste e avaliação de modelos: exemplos e estudos de caso. Ética no uso e manipulação de dados. **Bibliografia:** HASTIE, T.; TIBSHIRANI, R.; FRIEDMAN, R. The elements of statistical learning: data mining, inference, and prediction. Berlin: Springer, 2009. ZUMEL, Nina; MOUNT John. Practical data science with R. Shelter Island: Manning Pub., 2014. CIELEN, D.; MEYSMAN, A.; ALI, M. Introducing data science: big data, machine learning, and more, using Python tools. Shelter Island: Manning Pub., 2016.

9.4 - PROPRIEDADE INTELECTUAL E TRANSFERÊNCIA DE TECNOLOGIA PARA INOVAÇÃO

Coordenadora: Sueli Sampaio Damin Custódio

O PROFNIT é um Programa de Pós-Graduação em Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia para a Inovação. *stricto sensu*, dedicado ao aprimoramento da formação profissional para atuar nas competências dos Núcleos de Inovação Tecnológica (NITs) e nos Ambientes Promotores de Inovação nos diversos setores acadêmico, empresarial, governamental, organizações sociais, etc.

É um programa presencial do Fórum Nacional de Gestores de Inovação e Transferência de Tecnologia – FORTEC, em rede nacional de Pontos Focais, com Sede Acadêmica em um dos pontos focais, oferecido aos profissionais graduados que atuam em Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia e Inovação Tecnológica dentro do âmbito das competências dos Núcleos de Inovação Tecnológica (NITs), servidores e membros de equipes de Instituições de Ciência e Tecnologia (ICTs), bem como em outras instâncias afins do Sistema Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação (SNCTI).

Trata-se de uma contribuição social da Associação Fórum Nacional de Gestores de Inovação e Transferência de Tecnologia – FORTEC, em associação com Instituições de Ensino Superior, à formação de recursos humanos a nível de mestrado para atuar na áreas de Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia para Inovação, tais como Núcleos de Inovação Tecnológicas, Centros de Inovação Tecnológica, Agências de Fomento à Pesquisa, Desenvolvimento & Inovação, entre outros ambientes de inovação.

O Mestrado Profissional é oferecido nacionalmente, compreendendo todas as regiões do Brasil e foi recomendado com nota 4 pelo Conselho Técnico Científico da Educação Superior – CTC-ES da CAPES, em sua 159a reunião, realizada nos dias 18 e 19 de junho de 2015 (Portaria de Ato Normativo de Reconhecimento No. 0559, data da Publicação: 01/07/2016, Parecer CNE 561/2015)

O PROFNIT atualmente possui uma área de pesquisa, conforme descrita a seguir:

- **Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia para Inovação em Núcleos de Inovação Tecnológica (NITS)** - Estudos analíticos e práticos sobre as competências dos NITs e sua política institucional de inovação tecnológica de acordo com o arcabouço legal e políticas setoriais. Estímulo à proteção das criações, resultados de pesquisa e desenvolvimento tecnológico, busca de anterioridade, processamento e manutenção dos títulos de PI nas diversas áreas do conhecimento. Transferência de tecnologia nas suas diversas formas e nos vários setores estruturantes e seus inter-relacionamentos, identificação de nichos de mercado e ambientes de inovação de base tecnológica e suas interações sistêmicas, empreendedorismo, identificação de gargalos e de oportunidades de mercado para transferir tecnologia adequadamente (inteligência competitiva), visando seu uso pela sociedade e contribuindo para o desenvolvimento e crescimento econômico nas esferas local, regional e global, melhorando as condições de vida da população, alavancando o Produto Interno Bruto (PIB) e impulsionando o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH).

9.4.1 Estrutura Curricular

Disciplinas Obrigatórias

PROFNIT01 – Conceitos e Aplicações de Propriedade Intelectual (PI)

PROFNIT02 – Conceitos e Aplicações de Transferência de Tecnologia (TT)

PROFNIT03 – Prospecção Tecnológica (PROSP)

PROFNIT04 – Metodologia da Pesquisa Científico-Tecnológica e Inovação (MET)

PROFNIT05 – Políticas Públicas de Ciência, Tecnologia e Inovação e o Estado Brasileiro (POL)

PROFNIT20 – Seminário de Projeto de Mestrado (SEM)

PROFNIT19 – Seminário Integrador (SEM-INT)

PROFNIT21 – Exame de Qualificação (QUAL) -

PROFNIT50 – Oficina Profissional (OF-PROF)

PROFNIT22 – Trabalho de Conclusão de Curso (TCC)

PROFNIT23 – Defesa de Trabalho de Conclusão de Curso (DEF-TCC)

Disciplinas Optativas / Eletivas

PROFNIT06 – Indicadores Científicos e Tecnológicos (IND)

PROFNIT07 – Projetos em Ciência, Tecnologia e Inovação (PROJ)

PROFNIT08 – Pesquisa Tecnológica Qualitativa e Quantitativa (STATS)

PROFNIT09 – Indicações Geográficas e Marcas Coletivas (IG-MAR)

PROFNIT10 – Propriedade Intelectual e suas vertentes em Biotecnologia Fármacos e Saúde (PI-BIO-SAÚDE)

PROFNIT11 – Propriedade Intelectual nas Indústrias Alimentícia e Química (PI-QUI-ALI)

PROFNIT12 – Propriedade Intelectual nas Engenharias e nas Tecnologias da Informação e Comunicação (PI-TIC-ENG)

PROFNIT13 – Propriedade Intelectual no Agronegócio (PI-AGRO)

PROFNIT14 – Gestão da Transferência de Tecnologia em Ambientes de Inovação (GEST)

PROFNIT15 – Valoração Sistêmica de Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia (VAL)

PROFNIT16 – Negociação Contratos e Formalização de Transferência de Tecnologia (NEGO)

PROFNIT17 – Empreendedorismo em Setores Tecnológicos (EMP)

PROFNIT18 – Ambientes de Inovação e suas interações sistêmicas (AMB)

9.4.2 EMENTAS

DISCIPLINAS OBRIGATÓRIAS

PROFNIT01 – Conceitos e Aplicações de Propriedade Intelectual (PI)

Introdução à PI. Evolução Histórica. Marcos legais e acordos internacionais. Tipos de PI: direito autoral; propriedade industrial; indicação geográfica; marcas. Patentes de invenção e patentes de modelos de utilidade. Desenho industrial. Cultivares. Busca de anterioridade e sua relação com prospecção tecnológica e avaliação da pertinência de apropriar criações. Gestão de PI. Procedimentos de apropriação no Brasil e no exterior.

PROFNIT02 – Conceitos e Aplicações de Transferência de Tecnologia (TT)

Introdução à TT. Evolução histórica. Marcos legais e acordos internacionais. Identificação de parcerias para TT. Noções de negociação e valoração. Termos contratuais para formalização de TT e seu registro no Instituto nacional de Propriedade Industrial (INPI). Processos institucionais de gestão da TT antes e após assinatura dos termos contratuais. Gestão de projetos de inovação. A TT como forma de impulsionar empreendedorismo em setores tecnológicos, em ambientes de inovação em suas interações sistêmicas.

PROFNIT03 – Prospecção Tecnológica (PROSP)

As diversas formas: busca de anterioridade, mapeamento patentário, monitoramento tecnológico, vigilância tecnológica, prognóstico ou previsão tecnológica, mapas tecnológicos, etc. A importância da prospecção tecnológica em setores intensivos de PeD. Uso e gestão estratégica da informação e inteligência competitiva. Gestão do conhecimento e visão de futuro. Metodologias e estratégias de prospecção tecnológica. Concretização para os casos concretos de cada um dos alunos.

PROFNIT04 – Metodologia da Pesquisa Científico-Tecnológica e Inovação (MET)

Estrutura do trabalho científico. Conceituação de conhecimento. Tipos de conhecimento. Ciência e Tecnologia e sociedade. Método científico. Conceituação, tipos e metodologia de pesquisa. Projeto de pesquisa e de desenvolvimento tecnológico e consequente potencial de inovação. Pesquisa em acervos físicos e virtuais: títulos, base de dados, periódicos, patentes, marcas, desenhos industriais. Sites de busca. Normas técnicas para formatação de trabalhos. Elaboração de artigos técnico-científicos, relatórios técnicos, manuais de operação, protocolos, e dissertação de mestrado. Noções de ética e discussão dos seus múltiplos usos na profissão, nas organizações e na sociedade. Inter-relacionamento da ética com ciência, tecnologia e inovação.

PROFNIT05 – Políticas Públicas de Ciência, Tecnologia e Inovação e o Estado Brasileiro (POL)

Construção Administrativa do Estado Brasileiro: estrutura atual; breve histórico; interações sistêmicas entre os diversos organismos e inter-relação entre aspectos administrativos e aspectos econômicos financeiros e não financeiros. Legislação e programas de apoio ao desenvolvimento. Relacionamento com o setor produtivo. Interação universidade-empresa, incubadoras, parques tecnológicos, organizações sociais. O desenvolvimento e institucionalização da ciência, da tecnologia e da inovação no Brasil e sua comparação a nível internacional. Inserção e relação da estrutura do estado brasileiro com a Propriedade Intelectual e com a Transferência de Tecnologia. Formação e crescimento da pós-graduação que potencializa PIETT. Políticas públicas e relações internacionais.

PROFNIT20 – Seminário de Projeto de Mestrado (SEM)

Seminário sobre o projeto de pesquisa desenvolvido pelo aluno para o trabalho de conclusão do curso (TCC).

DISCIPLINAS OPTATIVAS / ELETIVAS

PROFNIT06 – Indicadores Científicos e Tecnológicos (IND)

O desenvolvimento e a importância dos indicadores. O uso dos indicadores: prós e contras. Indicadores de input: investimentos e formação de recursos humanos. Indicadores de output: publicações, citações em revistas científicas e em patentes, depósitos e concessões de patentes, etc. Indicadores de gestão. Patente como fonte de informação: índice de dependência tecnológica, de difusão tecnológica, de autossuficiência tecnológica e de especialização tecnológica. Estudo do caso Brasil em comparação com outros países. Indicadores de eficiência, eficácia e efetividade. Distribuições estatísticas de indicadores e análise comparativa covariante e multivariada.

PROFNIT07 – Projetos em Ciência, Tecnologia e Inovação (PROJ)

Evolução dos sistemas de fomento para projetos de ciência, tecnologia e inovação no Brasil, Fundos Setoriais, incentivos baseados em renúncia fiscal. Papel das agências de fomento à inovação. Política de Inovação e a sua relação com NITs. Diretrizes Estratégicas nas áreas de atuação em inovação tecnológica. Regras para averbação dos contratos de transferência de tecnologia. Processos de gestão de projetos. Estrutura de projetos e sua adequação para as fontes de financiamento. Regras e arcabouços institucionais e sua relação com os itens possíveis nos projetos. Projetos em rede do tipo JIP (Joint Industrial Projects) e sua relação com mapas tecnológicos nacionais, internacionais e industriais.

PROFNIT08 – Pesquisa Tecnológica Qualitativa e Quantitativa (STATS)

Métodos e técnicas de coleta de dados em pesquisa qualitativa. Análise e tratamento de informações em pesquisa qualitativa. Métodos de análise qualitativa e análise de conteúdo. Análise léxica. Tipos e natureza das variáveis. Introdução à elaboração de instrumentos de medida. Estimação de intervalo e testes de hipóteses. Tipos e técnicas de amostragens. Desenvolvimento de escalas. Preparação dos dados e critérios de validação. Regressão linear simples e múltipla. Mineração de textos e sua análise covariante como componentes principais e outros. Análise exploratória dos dados: definição do problema. Organização dos dados. Visualização dos dados originais. Transformação/processamento dos dados: PCA: Análise de Componentes Principais. Covariância. A matriz de variância-covariância. Interpretação dos resultados. HCA: Análise Hierárquica de Agrupamentos. Interpretação dos resultados. PLS: Mínimos Quadrados Parciais. Interpretação dos resultados. Construção de modelos de classificação: Reconhecimento de padrões por SIMCA.

PROFNIT09 – Indicações Geográficas e Marcas Coletivas (IG-MAR)

Marcas coletivas e associativismo, história das indicações geográficas (IGs), tipos de IGs, comparação entre modelos nacionais de IG, IG como ferramenta para o desenvolvimento local sustentável, exemplos de IG do Brasil e internacionais e seus desdobramentos. Impactos da IGs no Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) e no Produto Interno Bruto (PIB).

PROFNIT10 – Propriedade Intelectual e suas vertentes em Biotecnologia Fármacos e Saúde (PI-BIO-SAÚDE)

Inserção da biotecnologia moderna no sistema de propriedade intelectual, suas vertentes em fármacos e saúde e respectivas especificidades da elaboração dos documentos de patentes. Mecanismos legais existentes para a proteção das criações intelectuais no campo da biotecnologia no Brasil. Estratégias e finalidades da busca de informações contidas em documentos de patentes da área. Interface entre a proteção patentária no campo de biotecnologia e a legislação de acesso aos recursos genéticos e ao conhecimento tradicional associado. Direitos intelectuais de propriedade e desenvolvimento das inovações por setor industrial como alimentício, químico, farmacêutico e saúde. Análise dos aspectos econômicos e institucionais ligados à questão de monopólio de patentes no contexto de economias em desenvolvimento e nos impactos na mudança da legislação brasileira.

PROFNIT11 – Propriedade Intelectual nas Indústrias Alimentícia e Química (PI-QUI-ALI)

Inserção da indústria alimentícia e química moderna no sistema de propriedade intelectual e

respectivas especificidades da elaboração dos documentos de patentes. Mecanismos legais existentes para a proteção das criações intelectuais no campo da indústria alimentícia e química no Brasil. Estratégias e finalidades da busca de informações contidas em documentos de patentes da área. Interface entre a proteção patentária no campo de indústria alimentícia e química e a legislação de acesso aos recursos genéticos e ao conhecimento tradicional associado. Direitos intelectuais de propriedade e desenvolvimento das inovações no setor industrial como o alimentício, químico, farmacêutico e de saúde. Análise dos aspectos econômicos e institucionais ligados à questão de monopólio de patentes no contexto de economias em desenvolvimento e nos impactos na mudança da legislação brasileira.

PROFNIT12 – Propriedade Intelectual nas Engenharias e nas Tecnologias da Informação e Comunicação (PI-TIC-ENG)

Sistema de propriedade intelectual nas engenharias. Mecanismos legais existentes para a proteção das criações intelectuais no campo da engenharia e das tecnologias da informação e comunicação no Brasil e respectivas especificidades da elaboração dos documentos de patentes e registros de softwares. Estratégias e finalidades da busca de informações contidas em documentos de patentes da área. Direitos intelectuais de propriedade e desenvolvimento das inovações no setor industrial com foco em tecnologias. Proteção de propriedade intelectual de programas de computador, topologia de circuitos integrados. Modelo norte americano baseado em patentes de software. Aspectos econômicos e institucionais ligados à questão de monopólio de patentes no contexto de economias em desenvolvimento e seus impactos na legislação brasileira e suas mudanças.

PROFNIT13 – Propriedade Intelectual no Agronegócio (PI-AGRO)

Formas de proteção utilizadas no agronegócio tendo como referência as suas fontes de dinamismo tecnológico e respectivas especificidades da elaboração dos documentos de patentes. Formas de proteção que envolvem a propriedade industrial (patentes de invenção e de modelo de utilidade, marcas, desenho industrial, indicações geográficas), direitos de autor (artigos científicos e programas de computador), proteções sui generis (cultivares, biodiversidade, conhecimento tradicional). Estratégias de utilização de formas de proteção distintas.

PROFNIT14 – Gestão da Transferência de Tecnologia em Ambientes de Inovação (GEST)

Formas de gestão da Transferência de Tecnologia nos diversos ambientes de inovação. Apresentação e discussão de conceitos de gestão da transferência de tecnologia em ambientes de inovação, seus reflexos estratégicos em relação ao desempenho das organizações e sua aplicação no mundo corporativo. Modelos de gestão de transferência de tecnologia passíveis de aplicação no desenvolvimento da inovação nos ambientes das empresas.

PROFNIT15 – Valoração Sistêmica de Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia (VAL)

Métodos de valoração, fluxo de caixa descontado (FCD), modelos de precificação de ativos financeiros (CAPM), comparação com produtos no mercado, custos alternativos, regra dos

25%, opções reais, métodos binomiais e Monte Carlo, política única fixa para todos os licenciamentos, outros métodos de valoração.

PROFNIT16 – Negociação Contratos e Formalização de Transferência de Tecnologia (NEGO)

Termos financeiros: avaliação, formas e pagamento. Avanço tecnológico e desenvolvimento. Valoração de ativos intangíveis. Prospecção tecnológica como ferramenta de negociação. Visão do mercado tecnológico. Estudos de mercado e sua relação com plano de negócio. Avaliações preliminares qualitativas que afetam os ganhos econômicos. Royalties (royalties mínimos, royalties escalonados ou variáveis). Pagamento inicial ou taxa de acesso à tecnologia (*lump sum*). Pagamentos fixos (*installment payments*). Transferência de *know how*. Assistência técnica. Penalidades e indenizações. Ferramental necessário. Simulação prática de negociação pelos próprios alunos.

PROFNIT17 – Empreendedorismo em Setores Tecnológicos (EMP)

Características do empreendedor e mitos associados. O processo do empreendedorismo. Oportunidades de negócio. Empreendedorismo corporativo. Empreendedorismo tecnológico: parques tecnológicos e incubadoras de empresas. Plano de negócio. Empreendedorismo inovador e sua dependência de setores tecnológicos específicos. Geração e gestão de negócios inovadores nas áreas tecnológicas. Sistemas de inovação.

PROFNIT18 – Ambientes de Inovação e suas interações sistêmicas (AMB)

Uso da propriedade intelectual e da transferência de tecnologia em ambientes de inovação. Constituição e gestão de empresas juniores, pré-incubadoras, incubadoras de empresas, aceleradoras, parques e polos tecnológicos, cooperativas e empreendimentos solidários e outras ações voltadas para a identificação, aproveitamento de novas oportunidades e recursos de maneira inovadora, com foco na criação de empregos e negócios, estimulando a proatividade.

9.4.3 - Corpo Docente PROFNIT/ITA

Corpo Docente Permanente

Delmo Mattos da Silva

CV: <http://lattes.cnpq.br/7268737133400216>

(e-mail: delmo.silva@gp.ita.br)

Geraldo Mulato de Lima Filho

CV: <http://lattes.cnpq.br/8719147671344273>

(e-mail: geraldolfi@hotmail.com)

Gilberto Mohr Corrêa

CV: <http://lattes.cnpq.br/9966932708548648>

(e-mail: gmccorrea@hotmail.com)

Jefferson de Oliveira Gomes

CV: <http://lattes.cnpq.br/2087127246109861>

(e-mail: gomes@ita.br)

João Claudio Bassan de Moraes
CV: <http://lattes.cnpq.br/6905657959784086>
(e-mail: joao.moraes@gp.ita.br)

Rene Francisco Boschi Gonçalves
CV: <http://lattes.cnpq.br/4402182041847294>
(e-mail: rene.goncalves@gp.ita.br)

Sueli Sampaio Damin Custódio
CV: <http://lattes.cnpq.br/9219753372630977>
(e-mail: sueli.damin@gp.ita.br)

Wilson Cabral de Souza Júnior
CV: <http://lattes.cnpq.br/8987255813061182>
(e-mail: wilson.cabral.ita@gmail.com

Colaboradores

Francisco Cristovao Lourenço de Melo
CV: <http://lattes.cnpq.br/1090929882948654>
(e-mail: francisco.frapi@gmail.com)

Roberto Gil Annes da Silva
CV: <http://lattes.cnpq.br/7418081905753646>
(e-mail: gil@ita.br)

Lista Completa de Disciplinas e os Respectivos Professores

A seguir, é apresentada a lista completa de disciplinas de todos os programas de Pós-Graduação mencionadas neste catálogo, com os respectivos professores.

2024

SIGLA	DISCIPLINA	PROFESSOR
--------------	-------------------	------------------

PROFNIT01 – Conceitos e Aplicações de Propriedade Intelectual (PI) Sueli Sampaio Damin Custódio

PROFNIT03 – Prospecção Tecnológica (PROSP) Francisco Cristovao Lourenço de Melo

PROFNIT04 – Metodologia da Pesquisa Científico-Tecnológica e Inovação (MET) - Delmo Mattos da Silva

PROFNIT20 – Seminário de Projeto de Mestrado (SEM) João Claudio Bassan de Moraes

10 Lista Completa de Disciplinas e os Respectivos Professores

A seguir, é apresentada a lista completa de disciplinas de todos os programas de pós-graduação mencionadas neste catálogo, com os respectivos professores.

SIGLA	DISCIPLINA	PROFESSOR
--------------	-------------------	------------------

AA-203	Aerodinâmica Experimental Subsônica	André Fernando de Castro da Silva
AA-204	Aerodinâmica de turbinas eólicas e asas rotativas	Vitor Gabriel Kleine
AA-208	Dinâmica dos Gases	André Fernando de Castro da Silva
AA-209	Aerodinâmica da Asa e Fuselagem no Regime Subsônico	Vitor Gabriel Kleine
AA-215	Aerodinâmica de Alta Velocidade	André Valdetaro Gomes Cavalieri
AA-220	Aerodinâmica Não Estacionária	Roberto Gil Annes da Silva
AA-234	Aerodinâmica Aplicada a Projeto de Aeronave	Roberto Gil Annes da Silva
AA-247	Análise Modal de Campos Complexos	André Fernando de Castro da Silva
AA-250	Método das Singularidades em Aerodinâmica	Vitor Gabriel Kleine
AA-270	Métodos de Elementos Espectrais para CFD	Rodrigo Costa Moura
AA-271	Aeroacústica	André Valdetaro Gomes Cavalieri
AA-277	Instabilidade e Transição para a Turbulência	André Valdetaro Gomes Cavalieri
AA-286	Escoamentos Turbulentos e Modelagem Numérica	Rodrigo Costa Moura
AA-290	Modelos de disco atuador e linha atuadora	Vitor Gabriel Kleine
AA-500	Tese	
AA-601	Estágio Docência I	Flávio Luiz Cardoso Ribeiro
AA-602	Estágio Docência II	Flávio Luiz Cardoso Ribeiro
AB-110	Fundamentos de Teoria de Controle	Flávio Luiz Cardoso Ribeiro
AB-111	Desempenho de Aeronaves	Flávio Luiz Cardoso Ribeiro
AB-121	Mecânica Orbital	Maísa de Oliveira Terra
AB-204	Estabilidade e Controle de Aeronaves	Antônio Bernardo Guimarães Neto
AB-206	Qualidade de Voo de Aeronaves Rígidas e Flexíveis	Antônio Bernardo Guimarães Neto
AB-207	Controle de Aeronaves Flexíveis	Antônio Bernardo Guimarães Neto
AB-210	Projeto de controladores no domínio da frequência	Flávio Luiz Cardoso Ribeiro
AB-242	Astrodinâmica de Muitos Corpos	Maísa de Oliveira Terra
AB-265	Dinâmica e Controle de Veículos Espaciais	Luiz Arthur Gagg Filho
AB-266	Simulação e Controle de Aeronaves	Antônio Bernardo Guimarães Neto
AB-269	Manobras Orbitais de "Rendezvous and	Ijar Milagre da Fonseca

	Docking/Berthing"	
AB-270	Simulação e Controle de Veículos Aeroespaciais	Luiz Arthur Gagg Filho
AB-271	Abordagem porta-Hamiltoniana para Modelagem, Simulação e Controle	Flávio Luiz Cardoso Ribeiro
AB-273	Projeto Conceitual de Sistemas Espaciais	Willer Gomes dos Santos
AB-274	Formação em Voo de Veículos Espaciais	Willer Gomes dos Santos
AB-275	Constelações de Veículos Espaciais	Willer Gomes dos Santos
AB-276	Modelagem e Simulação de Aeronaves Flexíveis	Antônio Bernardo Guimarães Neto
AB-295	Fundamentos de Astronáutica III	Luiz Arthur Gagg Filho
AC-240.	Condução de Calor: Uma Abordagem Numérica	Elisan dos Santos Magalhães
AC-250	Introdução à Sistemas de Aquisição de Dados	Cristiane Aparecida Martins
AC-251	Helices	Cristiane Aparecida Martins
AC-285	Elementos de Combustão	Pedro Teixeira Lacava
AC-298	Combustão: Cinética e Modelagem	Rene Francisco Boschi Gonçalves
AC-500	Tese	
AC-600	Estágio Docente	Izabela Batista Henriques
AC-601	Estágio Docênciia I	Izabela Batista Henriques
AE-206	Manufatura e Fractografia de Compósitos Poliméricos Estruturais Avançados	Maurício Vicente Donadon
AE-207	Teoria de Placas e Cascas	Eliseu Lucena Neto
AE-213	Estabilidade de Estruturas Aeronáuticas	Mariano Andrés Arbelo
AE-225	Dinâmica de Estruturas I	Airton Nabarrete
AE-228	Dinâmica de Estruturas II	Airton Nabarrete
AE-236	Fadiga e Mecânica da Fratura I	Mariano Andrés Arbelo
AE-237	Fadiga e Mecânica da Fratura II	Mariano Andrés Arbelo
AE-245	Elementos Finitos	Flávio Luiz de Silva Bussamra
AE-249	Aeroelasticidade I	Roberto Gil Annes da Silva
AE-250	Aeroelasticidade II	Maurício Vicente Donadon
AE-256	Métodos Numéricos em Mecânica dos Sólidos	Flávio Luiz de Silva Bussamra
AP-120	Projeto Conceitual de Aeronaves	Ney Rafael Sêcco

AP-201	Desempenho de Aeronaves Aplicado a Engenharia de Transporte Aéreo	Roberto Gil Annes da Silva
AP-265	Projeto e Otimização Multidisciplinar	Bento Silva Mattos
AP-266	Otimização Aeroestrutural	Ney Rafael Sêcco
AP-267	Projeto Conceitual de Aeronaves de Combate	Ney Rafael Sêcco
CC-297	Elementos de Mecânica dos Fluídos Computacional	João Luiz Filgueiras de Azevedo
CC-299	Métodos Numéricos de Alta Ordem	João Luiz Filgueiras de Azevedo
CE-220	Fundamentos de Engenharia de Software	Johnny Cardoso Marques
CE-221	Metodologia de Pesquisa em Computação	Johnny Cardoso Marques
CE-229	Teste de Software	Luiz Alberto Vieira Dias
CE-230	Qualidade, Confiabilidade e Segurança de Software	Adilson Marques Da Cunha
CE-235	Sistemas Embarcados de Tempo Real	Adilson Marques Da Cunha
CE-237	Tópicos Avançados em Teste de Software	Adilson Marques Da Cunha
CE-240	Projeto de Sistemas de Banco de Dados	Adilson Marques da Cunha
CE-245	Tecnologia da Informação	Adilson Marques da Cunha
CE-262	Tópicos em Web Semântica	José Maria Parente de Oliveira
CE-263	Técnicas de Big Data	José Maria Parente de Oliveira
CE-265	Processamento Paralelo	Vitor Venceslau Curtis
CE-266	Ontologia e Modelagem de Dados	José Maria Parente de Oliveira
CE-284	Fundamentos de Segurança Cibernética	Cesar Augusto Cavalheiro Marcondes
CE-288	Programação Distribuída	Celso Massaki Hirata
CE-289	Internet das Coisas	Cecília de Azevedo Castro César
CE-294	Engenharia de Requisitos de Sistemas Complexos com Software	Johnny Cardoso Marques
CE-297	Modelos e Técnicas de Safety: Sistemas Computacionais	Celso Massaki Hirata
CE-299	Inteligência Artificial para Segurança Cibernética	Lourenço Alves Pereira Júnior
CI-480	Técnicas de Criptanálise da Criptografia de Chave Pública RSA	José Maria Parente de Oliveira
CM-201	Projeto e Fabricação de Robôs Móveis	Marcos Ricardo Omena Albuquerque Máximo

CM-202	Planejamento e Controle para Robótica Móvel	Marcos Ricardo Omena Albuquerque Máximo
CM-203	Visão Computacional	Marcos Ricardo Omena Albuquerque Máximo
CM-204	Aprendizado Profundo	Marcos Ricardo Omena Albuquerque Máximo
CM-219	Processamento de Linguagem Natural	Carlos Henrique Quartucci Forster
CS-282	Sistemas de Software Seguro	Cesar Augusto Cavalheiro Marcondes
CS-283	Segurança por Projeto	Cecília de Azevedo Castro César
CT-208	Matemática da Computação	Luiz Gustavo Bizarro Mirisola
CT-209	Matemática Discreta Voltada a Criptografia	Paulo Marcelo Tasinaffo
CT-213	Inteligência Artificial para Robótica Móvel	Marcos Ricardo Omena de Albuquerque Maximo
CT-221	Redes Neurais com Aprendizagens Clássica e Profunda	Paulo Marcelo Tasinaffo
CT-234	Estrutura de Dados, Análise de Algoritmo e Complexidade Estrutural	Carlos Alberto Alonso Sanches
CT-236	Redes Sociais Complexas.	Carlos Henrique Costa Ribeiro
CT-246	Redes de Computadores	Lourenço Alves Pereira Júnior
CT-300	Seminário de Tese	Joicymara Santos Xavier
CT-301	Seminário de Tese I	Joicymara Santos Xavier
CT-302	Seminário de Tese II	Joicymara Santos Xavier
CT-500	Tese	Joicymara Santos Xavier
CT-601	Estágio Docência I	Joicymara Santos Xavier
CT-602	Estágio Docência II	Joicymara Santos Xavier
EA-127	Microcontroladores e Sistemas Embarcados	Duarte Lopes de Oliveira
EA-251	Plataformas Virtuais e reconfigurabilidade em tempo de Execução	Osamu Saotome
EA-253	Projeto em Eletrônica Aplicada	Duarte Lopes de Oliveira
EA-254	Microcontroladores e Sistemas Embarcados	Cairo Lúcio Nascimento Junior
EA-265	Projeto de Circuitos integrados MOS	Marcus Henrique Victor Júnior
EA-268	Processadores de Sinais Digitais	Osamu Saotome
EA-269	Dispositivos Lógicos Programáveis para Processamento Intensivo	Osamu Saotome
EA-277	Linguagem VHDL: Descrição e Síntese de Circuitos Digitais	Roberto D'amore

EA-281	Otimização de Sistemas Digitais	Duarte Lopes de Oliveira
EA-282	Projeto de Circuitos Assíncronos	Duarte Lopes de Oliveira
EA-284	Sistemas VLSI	Lucas Compassi Severo
EA-288	Introdução à Tecnologia ASIC e Metodologia de Projeto	Osamu Saotome
EA-289	Tecnologia ASIC e Metodologia de Projeto	Osamu Saotome
EA-291	Pilotos Automáticos para VANTS	Neusa Maria Franco de Oliveira
EA-292	Elementos de Sistemas de Navegação	Neusa Maria Franco de Oliveira
EA-293	Projeto de Circuitos Integrados MOS em rádio frequência	Lucas Compassi Severo
EA-295	Projeto de Chip ASIC	Osamu Saotome
EA-296	Avaliação de um Circuito Integrado	Osamu Saotome
EA-297	Imagens Médicas I	Marcus Henrique Victor Júnior
EA-298	Ferramentas CAD Eletrônico Avançadas para Circuitos Integrados Analógicos de Baixa e Alta Frequência	Lucas Compassi Severo
EA-306	Seminários em Dispositivos e Sistemas para Segurança Cibernética	Osamu Saotome
EA-308	Seminários Sistemas Embarcados em Dispositivos	Osamu Saotome
EA-352	Seminários Sistemas Embarcados em Dispositivos	Osamu Saotome
EA-500	Tese	
EA-601	Estágio Docência I	Marcus Henrique Victor Junior
EA-602	Estágio Docência II	Marcus Henrique Victor Junior
EC-212	Teoria Eletromagnética	Gefeson Mendes Pacheco
EC-213	Engenharia de Micro-ondas	Daniel Chagas do Nascimento
EC-214	Análise e Medidas de Dispositivos em RF Micro-ondas	Daniel Basso Ferreira
EC-220	Fibras Ópticas: Teoria e Aplicações	Gefeson Mendes Pacheco
EC-225	Circuitos Integrados Ópticos	Gefeson Mendes Pacheco
EC-240	Comunicações Ópticas	Gefeson Mendes Pacheco
EC-260	Teoria de Antenas	Daniel Basso Ferreira
EC-262	Antenas de Microlinha	Daniel Chagas do Nascimento
EC-266	Dispositivos a Semicondutores em Microondas	Gefeson Mendes Pacheco
EC-277	Circuitos Passivos em Microlinha	Daniel Chagas do Nascimento

EC-290	Métodos Matemáticos do Eletromagnetismo	Daniel Basso Ferreira
EC-301	Seminário de Tese I	Daniel Chagas do Nascimento
EC-500	Tese	Daniel Chagas do Nascimento
EC-601	Estágio Docênci a I	Daniel Chagas do Nascimento
EE-191	Introdução à engenharia de sistemas	Karl Heinz Kienitz
EE-208	Sistemas de Controle Lineares	Renan Lima Pereira
EE-209	Sistemas de Controle Não Lineares	Takashi Yoneyama
EE-210	Tópicos em Sistemas e Controle	Takashi Yoneyama
EE-214	Inteligência Artificial em Controle e Automação	Cairo Lúcio Nascimento Júnior
EE-231	Métodos Numéricos em Controle	Karl Heinz Kienitz
EE-240	Controle Tolerante a Falhas	Leonardo Ramos Rodrigues
EE-253	Controle Ótimo de Sistemas	Cairo Lúcio Nascimento Júnior
EE-254	Controle Preditivo	Roberto Kawakami Harrop Galvão
EE-265	Controle não Linear Adaptativo	Eduardo Lenz Cesar
EE-266	Identificação e Filtragem	Gabriela Werner Gabriel
EE-268	Sistemas Amostrados através de DLMI	Gabriela Werner Gabriel
EE-271	Sistemas Multivariáveis Lineares	Renan Lima Pereira
EE-273	Controladores Lineares Robustos	Renan Lima Pereira
EE-301	Seminário de Tese I	Renan Lima Pereira
EE-500	Tese	Renan Lima Pereira
EE-602	Estágio Docênci a II	Renan Lima Pereira
EM-211	Fundamentos e Aplicações do Laser para Engenheiros	Edison Puig Maldonado
ET-231	Teoria da Informação	Marcelo da Silva Pinho
ET-236	Processos Estocásticos	Marcelo da Silva Pinho
ET-237	Processamento Estatístico de Sinais	Marcelo Gomes da Silva Bruno
ET-272	Comunicações Aeronáuticas	Alison de Oliveira Moraes
ET-283	Processamento de Sinais Cerebrais	Sarah Negreiros de Carvalho Leite
ET-284	Processamento de Sinais de Radar	Dimas Irion Alves
ET-286	Processamento Digital de Sinais	Marcelo Gomes da Silva Bruno
ET-287	Processamento de Sinais usando Redes Neurais	Sarah Negreiros de Carvalho Leite
ET-290	Comunicação Digitais	Marcelo da Silva Pinho
ET-291	Radar de Abertura Sintética (SAR)	Dimas Irion Alves
ET-292	Clima Espacial e Telecomunicações	Alison de Oliveira Moraes
ET-293	Processamento de Sinais de Sistemas Globais de Navegação por Satélite	Felix Dieter Antreich

ET-294	Comunicações sem fio I	Dimas Irion Alves
ET-295	Comunicações sem fio II	Bartolomeu Ferreira Uchoa Filho
ET-297	Processamento de Sinais em Arranjos de Antenas	Felix Dieter Antreich
ET-300	Seminário em Telecomunicações	Dimas Irion Alves
ET-500	Tese	Dimas Irion Alves
ET-601	Estágio Docência I	Dimas Irion Alves
FF-200	Métodos Matemáticos da Física	Brett Vern Carlson
FF-201	Mecânica Quântica I	Tobias Frederico
FF-202	Mecânica Quântica II	Tobias Frederico
FF-203	Mecânica Estatística	Marco Antonio Ridenti
FF-204	Eletrodinâmica I	André Jorge Carvalho Chaves
FF-206	Nanomaterias e nanotecnologia	Gilmar Patrocínio Thim
FF-207	Mecânica Analítica	Mariana Dutra da Rosa Lourenço
FF-209	Fundamentos da Computação Quântica	Rene Felipe K Spada
FF-212	Métodos Computacionais da Física	Brett Vern Carlson
FF-213	Processamento de materiais por plasma para aplicação	Rodrigo Sávio Pessoa
FF-219	Nanofotônica Quântica	André Jorge Carvalho Chaves
FF-220	Introdução a Teoria da Perturbação de Muitos Corpos para Excitações Eletrônicas	Lara Kuhl Teles
FF-230	Introdução à Teoria da Relatividade Geral	César Henrique Lenzi
FF-231	Tópicos de Cosmologia	Pedro José Pompeia
FF-235	Teoria Quântica de Campos I	Wayne Leonardo Silva de Paula
FF-236	Teoria Quantica de Campos II	Wayne Leonardo Silva de Paula
FF-253	Introdução à Mecânica Quântica	Odilon Lourenço da Silva Filho
FF-261	Física dos Plasmas I	Marco Antonio Ridenti
FF-264	Descargas Elétricas e Plasmas I	Rodrigo Savio Pessoa
FF-276	Mecânica Estatística Clássica de não-Equilíbrio	Marco Antonio Ridenti
FF-281	Física do Estado Sólido I	Lara Kuhl Teles
FF-283	Física de Muitos Corpos I	André Jorge Carvalho Chaves
FF-287	Física de Semicondutores	Lara Kühl Teles
FF-291	Introdução à Espectroscopia Raman	André Luiz de Jesus Pereira
FF-292	Quarks e Hádrons	Tobias Frederico

FF-295	Propriedades de cristais e difração de raios X	Argemiro Soares da Silva Sobrinho
FF-296	Teoria do Funcional da Densidade I	Ivan Guilhon Mitoso Rocha
FF-298	Instrumentação em Física Espacial	Marco Antonio Ridenti
FF-299	Laboratório de Descargas Elétricas e Plasmas	Gilberto Petraconi Filho
FF-321	Seminário de Tese I	Odilon Lourenço da Silva Filho
FF-322	Seminário de Tese II	Odilon Lourenço da Silva Filho
FF-323	Seminário de Tese III	Odilon Lourenço da Silva Filho
FF-324	Seminário de Tese IV	Odilon Lourenço da Silva Filho
FF-325	Seminário de Tese V	Odilon Lourenço da Silva Filho
FF-326	Seminário de Tese VI	Odilon Lourenço da Silva Filho
FF-500	Tese	Odilon Lourenço da Silva Filho
FF-601	Estágio Docêncio I	Odilon Lourenço da Silva Filho
FF-602	Estágio Docêncio II	Odilon Lourenço da Silva Filho
FM-223	Dinâmica Não-Linear e Caos I	Erico Luiz Rempel
FM-224	Dinâmica Não-Linear e Caos II	Erico Luiz Rempel
FM-235	Dinâmica de Missões Espaciais Modernas	Maísa de Oliveira Terra
FM-250	Cálculo de Variações	Sandro da Silva Fernandes
FM-293	Fundamentos de Astronáutica.	Sandro da Silva Fernandes
FM-294	Fundamentos de Astronáutica II	Sandro da Silva Fernandes
FQ-201	Materiais Energéticos	José Atílio Fritz Fidel Rocco
FQ-202	Engenharia Aplicada a Armamento e Munições Aéreas	José Atílio Fritz Fidel Rocco
FQ-220	Termodinâmica Química	Leonardo Tsuyoshi Ueno
FQ-222	Cinética Química	Luiz Fernando de Araujo Ferrão
FQ-223	Dinâmica Química	Orlando Roberto Neto
FQ-224	Identificação de Materiais por FT-IR	Rita de Cássia Lazzarini Dutra
FQ-230	Termoquímica e Combustão de Materiais Energéticos	José Atílio Fritz Fidel Rocco
FQ-232	Conceitos de Química Orgânica, Aplicados a Materiais Energéticos	Elizabeth da Costa Mattos
FQ-233	Química dos propelentes e suas interfaces com proteções térmicas	Rita de Cassia Lazzarini Dutra
FQ-240	Eletroquímica Clássica	Emerson Sarmento Gonçalves
FQ-241	Princípios eletroquímicos e corrosão	Ana Maria Gomez Marin
FQ-243	Espectroscopia de Impedância Eletroquímica	Emerson Sarmento Gonçalves
FQ-246	Sistemas Eletroquímicos de Conversão de Energia	Ana Maria Gómez Marín

FQ-247	Tópicos em Células de Deionização Capacitiva para Armazenamento de Energia	Emerson Sarmento Gonçalves
FQ-249	Sistemas de Conversão/Armazenamento de Energia Eletroquímica com ênfase em Baterias	Emerson Sarmento Gonçalves
FQ-251	Físico Química de Interface de Compósitos Poliméricos	Luciana De Simone Cividanes Coppio
FQ-252	Fundamentos da Ciências dos Polímeros	Jorge Carlos Narciso Dutra
FQ-253	Planejamento e Otimização de Experimentos I	Luiz Gustavo Muniz do Nascimento
FQ-254	Estrutura e Propriedades de Polímeros	Deborah Dibbern Brunelli
FQ-260	Introdução a Química de Materiais	Elizabete Yoshie Kawachi
FQ-263	Teoria de Grupo Aplicada à Química	Leonardo Tsuyoshi Ueno
FQ-264	Introdução a Métodos de Síntese e de Caracterização de Materiais	Rita de Cássia Lazzarini Dutra
FQ-265	Química Orgânica	João Henrique Lopes
FQ-266	Introdução aos Biomateriais em Engenharia de Tecidos	Joao Henrique Lopes
FQ-270	Adsorção sobre Sólidos	Douglas Henrique Pereira
FQ-290	Química Quântica I	Francisco Bolivar Correto Machado
FQ-291	Métodos de Química Quântica Molecular	Francisco Bolivar Correto Machado
FQ-293	Introdução à Simulação por Dinâmica Molecular	Thiago C. F. Gomes
FQ-294	Introdução à Estrutura Eletrônica	Luiz Fernando de Araujo Ferrão
FQ-295	Caracterização de Polímeros por Análise Térmica	Silvana Navarro Cassu
FQ-298	Princípios da Espectroscopia de Absorção e de Luminescência UV/VIS	Deborah Dibbern Brunelli
FQ-299	Modelagem Reativa de Materiais Energéticos	Rene Francisco Boschi Gonçalves
FQ-434	Introdução à propulsão híbrida	Luiz Fernando de Araújo Ferrão
IE-210	Mecânica do dano concentrado para análise estrutural	Sérgio Gustavo Ferreira Cordeiro
IE-220	Introdução ao Método dos elementos de contorno	Sérgio Gustavo Ferreira Cordeiro
IE-225	Durabilidade e Vida Útil das Estruturas de Concreto	João Claudio Bassan de Moraes
IE-228	Ciência dos Materiais Aplicada a Materiais de Construção Civil	João Claudio Bassan de Moraes
IE-234	Modelagem Computacional em Engenharia	Sérgio Gustavo Ferreira Cordeiro

IG-209	Fundamentos de Elasticidade e Plasticidade	Eliseu Lucena Neto
IG-214	Avaliação e Restauração de Pavimentos	Regis Martins Rodrigues
IG-215	Materiais de Pavimentação	Regis Martins Rodrigues
IG-217	Transporte de Poluentes nos Solos e Águas Subterrâneas	Paulo Scarano Hemsi
IG-225	Projeto Estrutural de Pavimentos	Regis Martins Rodrigues
IG-245	Modelos Constitutivos para Solos	Paulo Ivo Braga de Queiroz
IG-249	Geotecnia Ambiental	Delma de Mattos Vidal
IG-250	Elementos Finitos em Geotecnia	Dimas Bertioli Ribeiro
IG-260	Aplicação de Geossintéticos em Obras Cívis	Delma de Mattos Vidal
IG-287	Mecânica dos Solos Avançada	Delma de Mattos Vidal
IG-288	Análise Experimental em Obras de Infraestrutura	José Antonio Schiavon
IG-289	Engenharia de Tuneis	José Antonio Schiavon
IG-300	Seminário de Tese	Dimas Bertioli Ribeiro
IG-301	Seminário de Tese I	Dimas Bertioli Ribeiro
IG-302	Seminário de Tese II	Dimas Bertioli Ribeiro
IG-303	Seminário de Tese III	Dimas Bertioli Ribeiro
IG-304	Seminário de Tese IV	Dimas Bertioli Ribeiro
IG-305	Seminário de Tese V	Dimas Bertioli Ribeiro
IG-306	Seminário de Tese VI	Dimas Bertioli Ribeiro
IG-307	Seminário de Tese VII	Dimas Bertioli Ribeiro
IG-308	Seminário de Tese VIII	Dimas Bertioli Ribeiro
IG-309	Seminário de Tese IX	Dimas Bertioli Ribeiro
IG-310	Seminário de Tese X	Dimas Bertioli Ribeiro
IG-500	Tese	
IG-601	Estágio Docência I	Dimas Bertioli Ribeiro
IG-602	Estágio Docência II	Dimas Bertioli Ribeiro
IH-210	Tópicos em Engenharia Ambiental	Wilson Cabral de Sousa Junior
IH-219	Sensoriamento Remoto - Aplicações em Infraestrutura e Meio Ambiente	Eduardo Moraes Arraut
IH-220	Tratamento de Águas de Abastecimento	Márcio Antônio da Silva Pimentel

IH-223	Uso Eficiente de Água em Edificações	Marcio Antonio da Silva Pimentel
IH-225	Simulação Termo-energética de Edificações	Paulo Ivo Braga de Queiroz
IH-230	Economia Ambiental e Ecológica	Wilson Cabral de Sousa Junior
IH-240	Tensores e Princípios Variacionais	Paulo Ivo Braga de Queiroz
IT-110	Economia do Transporte Aéreo I - Fundamentos	Alessandro Vinícius Marques de Oliveira
IT-200	Infraestrutura Aeronáutica	Evandro José da Silva
IT-203	Aeroportos	Evandro José da Silva
IT-205	Produção e Custos em Transporte Aéreo	Rogéria de Arantes Gomes Eller
IT-207	Pesquisa Operacional Aplicada a Problemas de Transporte	Marcelo Xavier Guterres
IT-210	Análise de Sistemas Logísticos	Giovanna Miceli Ronzani Borille
IT-211	Arquitetura de Aeroportos	Giovanna Miceli Ronzani Borille
IT-212	Inovação em Transporte Aéreo	Mauro Caetano de Souza
IT-213	Simulação de Monte Carlo Aplicada a Transporte Aéreo	Marcelo Xavier Guterres
IT-214	Mobilidade Aérea Urbana	Marcelo Xavier Guterres
IT-216	Gerenciamento de Tráfego Aéreo	Mayara Condé Rocha Murça
IT-220	Economia do Transporte Aéreo II - Métodos	Alessandro Vinicius Marques Oliveira
IT-300	Seminário de Tese.	Evandro José da Silva
IT-301	Seminário de Tese I	Evandro José da Silva
IT-302	Seminário de Tese II	Evandro José da Silva
IT-303	Seminário de Tese III	Evandro José da Silva
IT-304	Seminário de Tese IV	Evandro José da Silva
IT-305	Seminário de Tese V	Evandro José da Silva
IT-306	Seminário de Tese VI	Evandro José da Silva
IT-307	Seminário de Tese VII	Evandro José da Silva
IT-308	Seminário de Tese VIII	Evandro José da Silva
IT-309	Seminário de Tese IX	Evandro José da Silva
IT-500	Tese	Evandro José da Silva
IT-601	Estágio Docência I	Mauro Caetano de Souza

IT-602	Estágio Docênciia II	Mauro Caetano de Souza
MB-246	Sustentabilidade dos Processos de Fabricação	Jefferson de Oliveira Gomes
MB-249	Logística no Desenvolvimento de Sistemas Complexos	Fernando Teixeira Mendes Abrahão
MB-251	Complexidade da Inovação	Lucas Novelino Abdala
MB-263	Elaboração e Implementação do Planejamento Estratégico	Francisco Cristovão Lourenço de Melo
MB-267	Inovação e Empreendedorismo em Processos de Engenharia de Produtos de Base Tecnológica	Jefferson de Oliveira Gomes
ME-200	Termodinâmica	Guilherme Borges Ribeiro
ME-201	Mecânica dos Fluidos	Vinicius Malatesta
ME-202	Transferência de Calor	Elisan dos Santos Magalhães
ME-203	Geração de Entropia e Análise Exergética	Izabela Batista Henriques
ME-205	Mecânica dos fluidos Elementar	Guilherme Borges Ribeiro
ME-206	Convecção	Guilherme Borges Ribeiro
ME-209	Termodinâmica Aplicada	Cleverson Bringhenti
ME-211	Turbomáquinas	Jesuino Takachi Tomita
ME-212	Projeto de Turbomáquinas	Jesuino Takachi Tomita
ME-214	Turbinas a Gás	Cleverson Bringhenti
ME-216	Fundamentos de Energias Renováveis	Izabela Batista Henriques
ME-220	Tópicos Avançados em Desempenho de Turbina a Gás	Cleverson Bringhenti
ME-232	Mecânica dos Fluidos e Transferência de Calor Computacional	Marcelo José Santos de Lemos
ME-278	Refrigeração e Ar Condicionado	Guilherme Borges Ribeiro
ME-500	Tese	Izabela Batista Henriques
ME-601	Estágio Docênciia I	
MP-206	Análise e Projeto de Estruturas de Material Compósito	Alfredo Rocha de Faria
MP-208	Filtragem Ótima Com Aplicações Aeroespaciais	Davi Antônio dos Santos
MP-210.	Fundamentos de Mecatrônica	Wesley Rodrigues de Oliveira
MP-212	Sistemas Robóticos Inteligentes Industriais	Wesley Rodrigues de Oliveira
MP-215	Desenvolvimento Integrado de Produtos	Lucas Novelino Abdala

MP-223	Manipuladores Robóticos - Aplicações Espaciais	Ijar Milagre da Fonseca
MP-234	Sensores e Transdutores	Luiz Carlos S Goes
MP-239	Projeto e Análise de Experimento	Emília Villani
MP-244	Dinâmica de Rotores	Airton Nabarrete
MP-260	Modelagem e Análise de Sistemas e Eventos Discretos	Emilia Villani
MP-261	Engenharia de Fatores Humanos	Moacyr Machado Cardoso Júnior
MP-271	Modelagem e Identificação de Sistemas Dinâmicos	Luiz Carlos Sandoval Góes
MP-273	Controle por modos deslizantes	Davi Antônio dos Santos
MP-275	Identificação de Sistemas Dinâmicos	Luiz Carlos Sandoval Góes
MP-277	Modelagem e Simulação de Sistemas de Aeronaves	Luiz Carlos Sandoval Góes
MP-282	Modelagem Dinâmica e Controle de Multicópteros	Davi Antônio dos Santos
MP-288	Otimização em Engenharia Mecânica	Rafael Thiago Luiz Ferreira
MP-289	Projeto Ótimo em Manufatura Aditiva	Rafael Thiago Luiz Ferreira
MP-290	Mecânica de meios contínuos	Thiago de Paula Sales
MP-291	Dinâmica de Sistemas Mecânicos	Domingos Alves Rade
MP-292	Modelagem Estocástica e Análise de Confiabilidade em Mecânica Estrutural	Domingos Alves Rade
MP-296	Dinâmica de sistemas multicorpos	Alfredo Rocha de Faria
MP-298	Propagação de Ondas em Estruturas	Thiago de Paula Sales
MP-500	Tese	
MT-201	Fundamentos de Engenharia de Materiais	Maria Margareth da Silvao
MT-203	Ciência e Tecnologia de Filmes Finos	Douglas Marcel Gonçalves Leite
MT-204	Integridade de Superfícies	Ronnie Rodrigo Rego
MT-220	Usinagem com Geometria Definida	Jefferson de Oliveira Gomes
MT-221	Introdução à Ciência e Tecnologia dos Elastômeros	Jorge Carlos Narciso Dutra
MT-231	Metalurgia Física	André da Silva Antunes
MT-233	Transformações de Fases em Metais e Ligas Metálicas Sólidas	Kahl Dick Zilnyk
MT-242	Solidificação de Metais	Kahl Dick Zilnyk
MT-247	Processos Não Convencionais de Fabricação	Anderson Vicente Borille
MT-248	Manufatura Avançada	Anderson Vicente Borille
MT-256	Comportamento Mecânico de Polímeros e Compósitos	Luiz Claudio Pardini

MT-271	Tópicos Avançados em Carbonos Estruturais	Luiz Claudio Pardini
MT-280	Processamento Termomécanico de Ligas de Alumínio	André da Silva Antunes
MT-281	Materiais Cerâmicos	Carlos Alberto Alves Cairo
MT-287	Produção de Componetes Aeronauticos por Sinterização	Gilmar Patrocínio Thim
MT-291	Termodinâmica dos Materiais	Gilmar Patrocínio Thim
MT-294	Tecnologia dos Aços e Regras Especiais	André da Silva Antunes
MT-298	Processamento Laser de Materiais II	Getúlio de Vasconcelos
MT-299	Transformações Martensíticas	Kahl Zilnyk
MT-301	Seminário de Tese I	Rene Francisco Boschi Gonçalves
MT-500	Tese	Rene Francisco Boschi Gonçalves
MT-601	Estágio Docência I	Rene Francisco Boschi Gonçalves
MT-602	Estágio Docência II	Rene Francisco Boschi Gonçalves
PO-201	Introdução a Pesquisa Operacional	Mariá Cristina Vasconcelos Nascimento Rosset
PO-202	Programação Linear	Luiz Leduino de Salles Neto
PO-203	Programação Inteira	Horacio Hideki Yanasse
PO-204	Programação Não Linear	Luís Felipe Cesar da Rocha Bueno
PO-205	Meta-Heurísticas em Otimização Combinatória	Antonio Augusto Chaves
PO-207	Resolução de Problemas via Modelagem Matemática	Luiz Leduino de Salles Neto
PO-210	Probabilidade e Estatística	Mauri Aparecido de Oliveira
PO-211	Método de Estruturação de Problemas	Mischel Carmen Neyra Belderrain
PO-212	Análise de Decisão	Jônatas Araújo de Almeida
PO-213	Econometria Aplicada	Renato Cesar Sato
PO-218	Investimentos	Elton Felipe Sbruzzi
PO-220	Gerência de Operações e Logística	Luiz Leduíno de Salles Neto
PO-221	Otimização sob Incerteza	Luiz Leduíno de Salles Neto
PO-230	Simulação	Sanderson Lincohn Gonzaga de Oliveira
PO-232	Algoritmos em Grafos	Sanderson Lincohn Gonzaga de Oliveira
PO-233	Aprendizado de Máquina	Filipe Alves Neto Verri
PO-234	Algebra Linear Computacional	Luís Felipe César Rocha Bueno

PO-235	Projeto de Ciência de Dados	Filipe Alves Neto Verri
PO-236	Inteligência Artificial aplicada à Finanças	Paulo André Lima de Castro
PO-237	Projeto de Inteligência Artificial em Finanças	Vitor Venceslau Curtis
PO-240	Tópicos Avançados em PO: Economia de Empresa	Renato Sato
PO-241	Tópicos de Pesquisa Operacional: Computação Quantica	Luiz Leduino de Salles Neto
PO-242	Tópicos de Pesquisa Operacional Aprendizado em Metaheurísticas: Abordagens e Tendências	Mariá Cristina Vasconcelos Nascimento
PO-243	Tópicos Avançados em PO: Fundamentos em Inteligência Artificial	Ana Carolina Lorena
PO-244	Tópicos Avançados em PO: Introdução à Inferência Bayesiana	Juliana Garcia Cespedes
PO-246	Tópicos de Pesquisa Operacional: Ciência de Dados em Metaheurísticas	Mariá Cristina Vasconcelos Nascimento
PO-247	Mudanças Climáticas e Desafios para Gestão Urbana Sustentável	Marcelo Wilson Berbone Furlan Alves
PO-248	Tópicos Avançados em PO: Organização Industrial	Renato Cesar Sato
PO-249	Tópicos Avançados em PO: Introdução às Redes Neurais Artificiais e aos Grandes Modelos de Linguagem	Mauri Aparecido de Oliveira
PO-301	Seminário de Tese I	Mariá Cristina Vasconcelos Nascimento Rosset
PO-302	Seminário de Tese II	Mariá Cristina Vasconcelos Nascimento Rosset
PO-500	Tese	Mariá Cristina Vasconcelos Nascimento Rosset
PO-601	Estudos Dirigidos I	Mariá Cristina Vasconcelos Nascimento Rosset
PO-602	Estudos Dirigidos II	Mariá Cristina Vasconcelos Nascimento Rosset
PO-603	Estágio Docência	Mariá Cristina Vasconcelos Nascimento Rosset
SC-249	Simulação de Drones e Aplicações	Cesar Augusto Cavalheiro Marcondes
SC-271	Engenharia de Sistemas Computacionais	Lourenço Alves Pereira Júnior
TE-201	Análise Térmica de Veículos Espaciais e Sub-orbitais	Humberto Araujo Machado

TE-205	Métodos Computacionais em Vibrações e Acústica - I	Carlos d'Andrade Souto
TE-206	Projetos de Plataformas Suborbitais	Alison de Oliveira Moraes
TE-208	Simulação Direta de Escoamento Rarefeito	Cayo Prado Fernandes Francisco
TE-209	Efeitos de Armamento Aéreo em Alvos Militares	Fausto Batista Mendonça
TE-210	Materiais Ablativos	Luiz Claudio Pardini
TE-211	Dinamica Molecular dos gases	Cayo Prado Fernandes Francisco
TE-213	Aerodinâmica Experimental	Cayo Prado Fernandes Francisco
TE-215	Segurança de Sistemas Aeroespaciais	Carlos Henrique Netto Lahoz
TE-217	Introdução a Engenharia de Sistemas Aeroespaciais	Carlos Henrique Netto Lahoz
TE-219	Engenharia Simultânea	Christopher Shneider Cerqueira
TE-220	Metodos matemáticos para Engenharia Aeroespacial	Cayo Prado Fernandes Francisco
TE-222	Soldagem de Materiais de Uso Aeroespacial	Rafael Humberto Mota de Siqueira
TE-223	Processamento Laser de Materiais	Milton Sergio Fernandes de LIma
TE-224	Óptica Aplicada ao Processamento Laser	Alvaro José Damião
TE-225	Lasers I – Princípios Físicos	João Marcos Salvi Sakamoto
TE-226	Segurança no trabalho com laser	Jonas Jakutis Neto
TE-227	Design Thinking na Engenharia de Sistemas Aeroespacial	Carlos Henrique Netto Lahoz
TE-228	Metrologia Óptica	Alvaro José Damião
TE-229	Espectroscopia a Laser	Jonas Jakutis Neto
TE-230	Seleção de Materiais de uso Aeroespacial	Sheila Medeiros de Carvalho
TE-231	Dosimetria e Radioproteção Aplicada a Ciências Aeroespaciais	Maurício Tizziani Pazianotto
TE-232	Efeitos das Radiações Ionizantes em Sistemas Aeroespaciais	Odair Lelis Gonçalez
TE-234	Física de Nêutrons no Ambiente Aeroespacial	Odair Lelis Gonçalez
TE-236	Técnicas Experimentais de Detecção e Dosimetria de Radiação Ionizante	Mauricio Tizziani Pazianatto
TE-237	Introdução à Astrobiologia e Medicina Aeroespacial	Priscila Correia Fernandes
TE-240	Técnicas de Caracterização dos Materiais	Rafael Humberto Mota de Siqueira
TE-241	Hipersônica Fundamental	Fábio Henrique Eugênio Ribeiro

TE-242	Aerotermodinâmica Fundamental	Paulo Gilberto de Paula Toro
TE-243	Propulsão Hipersônica Aspirada I	Angelo Passaro
TE-244	Aerotermodinâmica Hipersônica	Valéria Serrano Faillace Oliveira Leite
TE-245	Propulsão Hipersônica Aspirada II	Angelo Passaro
TE-246	Hipersônica Experimental	Paulo Gilberto de Paula Toro
TE-251	Fundamentos De IA para o desenvolvimento de sistemas Aeroespaciais	Christopher Shneider Cerqueira
TE-252	Sistemas Nucleares	Lamartine Nogueira Frutuoso Guimarães
TE-253	Geração de Potência Nuclear no Espaço	Lamartine Nogueira Frutuoso Guimarães
TE-255	Dinâmica de Voo e Segurança de Voo para Operações de Lançamento de Veículos Suborbitais	Angelo Passaro
TE-260	Metodologia da Pesquisa Científica	Angelo Passaro
TE-261	Análise de Riscos Tecnológicos	Moacyr Machado Cardoso Júnior
TE-262	Prospecção Tecnológica e Inteligência Competitiva Tecnológicos	Francisco Cristovão Lourenço de Melo
TE-263	Introdução à Tecnologia da Inform. para a Manutenção de Sist. Aeroespaciais Complexos - eMaintenance	Henrique Costa Marques
TE-264	Métodos Quantitativos em Análise de Riscos	Moacyr Machado Cardoso Junior
TE-265	Engenharia de Sistemas baseada em Modelos	Christopher Shneider Cerqueira
TE-266	Tópicos em Realidade Aumentada para Experimentos em Fatores Humanos	Henrique Costa Marques
TE-267	Fundamentos de Confiabilidade, Disponibilidade, Manutenibilidade e Segurança	Guilherme Conceição Rocha
TE-269	Tópicos em Operador 4.0	Henrique Costa Marques
TE-270	Política e Direito Espacial	Sueli Sampaio Damin Custódio
TE-272	Investigação e análise de Acidentes Aeroespaciais	Moacyr Machado Cardoso Júnior
TE-274	Pesquisa Operacional Aplicada a Problemas de suportabilidade	Antonio Celio Pereira de Mesquita
TE-275	Modelagem e Simulação de Sistemas Aeroespaciais Complexos	Fernando Teixeira Mendes Abrahão
TE-276	Introdução à Modelagem e Simulação de Defesa	Angelo Passaro

TE-277	Programação Linear na Elicitação de pesos para problemas multicritério	Mischel Carmen Neyra Belderrain
TE-278	Introdução ao Pensamento Sistêmico	Níssia Carvalho Rosa Bergiante
TE-280	Análise de Segurança e Riscos em Laboratórios	Moacyr Machado Cardoso Junior
TE-282	Meta-heurísticas	Angelo Passaro
TE-283	Processamento de Cerâmicas Magnéticas	Antonio Carlos da Cunha Migliano
TE-284	Caracterização de Materiais Cerâmicos em Micro-ondas e Terahertz	Antônio Carlos da Cunha Migliano
TE-285	Sensores para Aplicações Espaciais I	Gustavo Soares Vieira
TE-286	Sensores II	Gustavo Soares Vieira
TE-287	Física de Dispositivos Semicondutores	Gustavo Soares Vieira
TE-288	Física de Dispositivos Semicondutores II	Gustavo Soares Vieira
TE-289	Dispositivos e Sensores Fotônicos Integrados	Vilson Rosa de Almeida
TE-290	Materiais Cerâmicos Magnéticos Avançados	Antônio Carlos da Cunha Migliano
TE-291	Microscopia de Força Atômica Aplicada em Amostras Cerâmicas Microestruradas	Antônio Carlos da Cunha Migliano
TE-294	Métodos Numéricos e Aplicações em Clusters I - Básico	Angelo Passaro
TE-296	Métodos Numéricos e Aplicações em Clusters II - Prática	Angelo Passaro
TE-297	Técnicas de Modulação e Detecção Óptica	Olympio Luccini Coutinho
TE-299	Inteligência Artificial aplicada ao Sensoriamento Remoto	Elcio Hideiti Shiguemori
TE-301	Seminário de Tese I	Francisco Bolivar Correto Machado
TE-302	Seminário de Tese II	Francisco Bolivar Correto Machado
TE-480	Introdução à Astrobiologia e Medicina Aeroespacial	Moacyr Machado Cardoso Júnior
TE-481	Gestão Sistemica	Mischel Carmen Neyra Belderrain
TE-500	Tese	
TE-601	Estágio Docência I	Silvana Navarro Cassu
TE-602	Estágio Docência II	Silvana Navarro Cassu
TG-601	Estágio Docência I	Moacyr Machado Cardoso Júnior
TG-602	Estágio Docência II	Moacyr Machado Cardoso Júnior
TP-601	Estágio Docência I	Francisco Bolivar Correto Machado

TP-602	Estágio Docência II	Francisco Bolivar Correto Machado
TQ-601	Estágio Docência I	Douglas Henrique Pereira
TQ-602	Estágio Docência II	Douglas Henrique Pereira
TS-601	Estágio Docência I	Gustavo Soares Vieira
TS-602	Estágio Docência II	Gustavo Soares Vieira