SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA DEFESA
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE AERONÁUTICA

CONGREGAÇÃO – ATA DE REUNIÃO

ATA da 2ª Sessão da 470ª Reunião Ordinária da Congregação realizada em 26 de Agosto de 2021, por videoconferência, com início às 16h04min, presidida pelo Reitor, Prof. Anderson, e secretariada por mim, Profª Sueli. Constatada a existência de *quorum*, o Prof. Anderson deu por aberta a sessão. Dos 53 membros que compõem a Congregação, foram registradas as presenças dos 44 seguintes membros: Adade, Alexander, Ana Carolina, Anderson, Arraut, Bete, Cristiane, Denise, Dimas, Donadon, Emilia, Erico, Evandro, Ezio, Filipe, Flavio, Gabriela, Gefeson, Gil Iris, Ivan, João Cláudio, Johnny, Kienitz, Lara, Mariana, Mariano, Maryangela, Máximo, Mayara, Monica, Morales, Neusa, Paulo André, Pinho, Renato, Rene, Ronnie, Santos, Schiavon, Sueli, Takachi, Vera, Vinícius. Apresentaram à Secretária da Congregação, antes do início da reunião, justificativa de impossibilidade de comparecimento, nos termos do inciso I, § único do Art. 12 do Regimento Interno da Congregação, os seguintes 05 membros: Bussamra, Carlos Ribeiro, Cristiane Pessôa, Müller e Natália. Não apresentou, até o início da reunião, justificativa para a respectiva ausência, os seguintes membros: Domingos, Paulo André, Nabarrete e Wayne. Dos 32 convidados permanentes que compõem a Congregação, foram registradas as presenças dos seguintes convidados: o Prof. Marcelo Lemos, Alexandre (CASD), o Prof. Elisan (IEM) e do Assessor do Presidente da Congregação, o Prof. Sakane. **Assuntos tratados:**

Abertura: O Reitor abriu a reunião agradecendo a presença de todos. Na sequência, o Reitor.

Discussão e votação de atas anteriores: foi colocada em discussão a ata da 1ª Sessão da 470ª Reunião Ordinária ocorrida em 12 de Agosto de 2021. Colocada em votação a ata foi aprovada pela unanimidade dos 44 membros presentes no plenário.

Relatórios ou comunicações

1.1. **Reitoria (ID)**: O Reitor fez breve relato destacando: a) **visita à** CAPES: informou que a Profª. Emília foi apresentada como a nova Pró-Reitora de Pós-Graduação na Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES); b) Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico- **FNCT**: expôs que que o ITA dispõe de uma carteira de novos projetos aprovados de Ciência, Tecnologia e Inovação de Interesse da Defesa no âmbito da Portaria Interministerial MCTI/MD da ordem de mais de 55 milhões de reais, dentre os projetos aprovados destacou o de modernização e ampliação do Centro de Inovação em Engenharia Aeronáutica do Futuro (CIEAF) de 15 milhões além dos voltados para o Centro Espacial do ITA (CEI) de mais 16 milhões.

1.2. **IC-CCR (Prof. Morales – IEA)**. O Prof. Morales iniciou sua apresentação: **a) Proposta Curricular da AER (em anexo)**. O Prof. Morales justificou o remanejamento proposto de disciplinas e as alterações aprovadas na 465ª reunião da IC. O Prof. Kienitz chamou a atenção para uma revisão ortográfica das ementas e para a padronização dos registros das edições das bibliografias. Após a apresentação e debate, o Reitor colocou em votação a proposta apresentada, tendo sido votada e **aprovada por unanimidade**. Antes da apresentação da Profª Cristiane, o Prof. Flávio pediu a palavra e expôs que a apresentação das propostas curriculares

tradicionalmente seguia a ordem de criação dos cursos. O Reitor esclareceu que a ordem proposta na reunião havia sido definida em comum acordo com o Presidente da CCR e a Secretaria da IC e que havia uma lógica em que as propostas mais complexas seriam votadas ao final conforme pauta divulgada. Não tendo mais questionamento, o Reitor solicitou à Profª Cristiane que apresentasse a proposta da AESP. **b) Proposta Curricular da AESP (em anexo)**. A Profª Cristiane apresentou as alterações e atualizações da proposta. O Prof. Kienitz indicou a necessidade de padronização dos registros das edições das bibliografias. Após apresentação e debate envolvendo alguns membros, o Reitor colocou em votação a proposta apresentada, tendo sido votada e **aprovada por unanimidade** pelos membros presentes no plenário. **c) Proposta Curricular da Civil (em anexo)**. O Prof. João Cláudio apresentou a proposta curricular da Civil informando não haver mudanças. Após a apresentação e não havendo debate, o Reitor colocou em votação a proposta apresentada, tendo sido votada e **aprovada por unanimidade**; **d) Proposta Curricular da COMP (em anexo)**. O Prof. Máximo apresentou as alterações, destacando as mudanças das siglas das disciplinas em decorrência das mudanças de nomes dos Departamentos. O Prof. Kienitz pediu a palavra e criticou o título da disciplina CMC-12 – Controle para Sistemas Computacionais. Expôs que o título não refletia os conteúdos previstos na ementa. O Prof. Máximo esclareceu que a disciplina mencionada tinha sido votada e aprovada anteriormente na IC. O Prof. Adade concordou com o Prof. Kienitz. Após o debate envolvendo alguns membros, o Reitor colocou em votação a proposta apresentada, tendo sido votada e **aprovada por unanimidade** pelos membros presentes no plenário, ressaltando apenas que a disciplina CMC-12 passaria a ser nominada de Sistemas de Controle Contínuos e Discretos; **e) Proposta Curricular da ELE (em anexo)**. O Prof. Marcelo Pinho apresentou a proposta de currículo do curso de graduação em Engenharia Eletrônica para 2022, dando destaque a alteração das cargas horárias de disciplinas obrigatórias, de atividades complementares e de disciplinas eletivas. Esclareceu que as cargas horárias propostas estão dentro das faixas observadas nos outros cursos de graduação do ITA. Destacou que o currículo proposto, já aprovado na Comissão de Currículo, elimina a possibilidade de dispensa de 48 horas-aula de eletivas para alunos que realizam Estágio Curricular de 300 horas ou mais, em bloco único entre o fim do 1º Ano Profissional e o início do segundo período do 3º Ano Profissional a partir de 2022. Considerando que os alunos das Classes 2022 e 2023 já começaram o Curso Profissional, o Prof. Marcelo Pinho propôs que a Congregação reavaliasse esta questão, eliminando a possibilidade de dispensa de 48 horas-aula de eletivas somente a partir da Classe 2024. Após a apresentação, a proposta foi colocada em discussão. O Prof. Morales pediu a palavra e concordou com a proposta do Prof. Marcelo Pinho de manter a possibilidade de dispensa de 48 horas-aula de eletivas para os alunos das Classes 2022 e 2023. Expôs que este encaminhamento evitaria transtornos aos alunos dessas turmas que se planejaram em realizar essa opção curricular e defendeu que a exclusão dessa opção valesse para 2024 em diante. A Profª Neusa solicitou alguns esclarecimentos e elogiou a proposta. A Prof. Monica comentou que a alteração do currículo é pertinente, porém ressaltou que ainda podem ser feitas adequações futuramente, pois o número de créditos ficou maior nos últimos semestres. Sugeriu que uma possibilidade seria trazer as disciplinas mais básicas para o fundamental, que se insere na proposta de Grandes Áreas, para diminuir dependências entre disciplinas e carga horária nos semestres finais. Sugeriu também haver a criação de comissão no Conselho de Curso da Eletrônica com a participação de professores de outras universidades e profissionais do mercado/indústria para contribuir com o currículo, e principalmente que haja participação dos alunos de graduação. A proposta do Prof. Marcelo foi endossada pelo Prof. Morales. Após amplo debate, o Reitor colocou em votação a proposta apresentada, tendo sido votada e **aprovada por unanimidade** pelos membros presentes no plenário. Diante do adiantado da hora, o Reitor consultou o plenário para suspender a votação, informando sobre a continuidade da votação de currículo na 3ª Sessão da 470ª Reunião.

1.1.1. **IC-CAP:** (**Prof. Ézio–IEA**): nada a relatar na oportunidade.

1.1.2. **IC-CRE (Profª. Sueli – IEF):** tratará do processo eleitoral da IC-Biênio 2022-2023 na 3ª Sessão.

2. **Franqueamento da palavra:** o Reitor franqueou a palavra. Não havendo mais manifestação, o Reitor suspendeu a 2ª Sessão da 470ª Reunião.
3. **Encerramento:** O Reitor informou que a 3ª Sessão da 470ª Reunião será no dia 16 de Setembro às 16h. Às 18h05min, não havendo mais nenhuma manifestação, o Reitor agradeceu mais uma vez a presença de todos e deu por suspensa a 2ª Sessão da 470ª Reunião Ordinária, da qual lavrei e assino a presente ata.

Profª. Sueli Sampaio Damin Custódio
IC-S Secretária da Congregação - Biênio 2020-2021

Proposta Curricular para o Curso de Engenharia Aeronáutica

Legenda:

Azul - Inclusão
~~Vermelho - Exclusão~~
Verde - Disciplina que teve alteração de ementa
Nota 3 - Disciplina cujo aproveitamento final será feito através de conceito Satisfatório ou Não Satisfatório (S/NS).
Nota 4 - Disciplina dispensada de exame final.

Inclusão de novas eletivas:

- **AER-21 Voo a Vela I (Nota 4)**;
- **AER-31 Voo a Vela II (Nota 3)**;
- **AER-32 Voo a Vela III (Nota 3)**;
- **MVO-60 Operação e Voo de Aeronaves I**;
- **PRJ-31 Projeto e Construção de Aeronaves Remotamente Pilotadas**;
- **PRP-30 Trocadores de Calor para Aplicação Aeronáutica**.

Alteração de ementa das disciplinas:

- **GED-72 – Princípios de Economia**;
- **PRP-38 – Propulsão ~~Aeroespacial~~ Aeronáutica I;**
- **PRP-40 – Propulsão Aeronáutica II.**

Remanejamento das disciplinas:

- atrasar "**SIS-04 Engenharia de Sistemas**" do 1º AER 1º Período para o 2º AER 1º Período. Justificativa: para para se integrar mais com o curso e para equilibrar melhor a carga horária do curso;
- atrasar "**SIS-02 Gestão de Projetos**" do 1º AER 2º Período para o 2º AER 2º Período. Justificativa: para se integrar mais com o curso e para equilibrar melhor a carga horária do curso;
- atrasar "**SIS-06 Confiabilidade de Sistemas**" do 2º AER 1º Período para o 3º AER 1º Período. Justificativa: para se integrar mais com o curso e para equilibrar melhor a carga horária do curso;
- atrasar "**GED-61 Administração em Engenharia**" do 2º AER 2º Período para o 3º AER 1º Período. Justificativa: para se integrar mais com o estágio curricular supervisionado e para equilibrar melhor a carga horária do curso;
- adiantar "**GED-72 Princípios de Economia**" do 2º AER 2º Período para o 1º AER 2º Período. Justificativa: para se integrar mais com HUM-20 Noções de Direito e com o PFC de Inovação.

Aplicação das alterações aprovadas na 465ª Reunião da Congregação (05 de novembro de 2020) para concluir o currículo alvo das disciplinas de Projetos:

- alteração da ementa da obrigatória "**PRJ-22 Projeto Conceitual de Aeronaves**" excluindo os seguintes tópicos: manutenção e noções e aplicações de otimização multidisciplinar. Justificativa: tópicos já inseridos em PRJ-23 da Classe 2023;
- alteração da ementa da obrigatória "**PRJ-23 Projeto ~~Avançado~~ Preliminar de Aeronaves**";
- inclusão da obrigatória "**PRJ-91 Fundamentos de Projeto de Helicópteros e Aeronaves de Asas Rotativas**";

Tabela Única: currículo alvo proposto comparado ao currículo alvo atual

1º AER 1º Per.	AED-01	Mecânica dos Fluídos	4-0-2-6
	EST-15	Estruturas Aeroespaciais I	4-0-1-5
	PRP-28	Transferência de Calor e Termodinâmica Aplicada	3-0-0-4
	MVO-31	Desempenho de Aeronaves	2-0-1-6
	~~SIS-04~~	~~Engenharia de Sistemas~~	~~2-1-0-3~~
	HUM-20	Noções de Direito	3-0-0-3
	IEA-01	Colóquios	1-0-0-0
			~~19~~17 + ~~1~~0 + 4 = ~~24~~21
1º AER 2º Per.	AED-11	Aerodinâmica Básica	3-0-2-6
	EST-25	Estruturas Aeroespaciais II	4-0-1-5
	MVO-20	Controle I	3-0-1-5
	PRP-38	Propulsão Aeronáutica I	3-0-1-4
	ELE-16	Eletrônica Aplicada	2-0-1-3
	~~SIS-02~~	~~Gestão de Projetos~~	~~2-1-0-5~~
	GED-72	Princípios de Economia	3-0-0-4
			~~17~~18 + ~~1~~0 + 6 = 24
2º AER 1º Per.	EST-56	Dinâmica Estrutural e Aeroelasticidade	3-0-1-5
	PRP-40	Propulsão Aeronáutica II	3-0-0-4
	~~SIS-06~~	~~Confiabilidade de Sistemas~~	~~2-1-0-3~~
	ELE-26	Sistemas Aviônicos	3-0,25-0,75-4
	MTM-35	Engenharia de Materiais	4-0-2-3
	PRJ-22	Projeto Conceitual de Aeronave	3-0-2-4
	SIS-04	Engenharia de Sistemas	2-1-0-3
			18 + 1,25 + 5,75 = 25
2º AER 2º Per.	AED-25	Aerodinâmica Computacional	1-2-0-3
	PRJ-23	Projeto Preliminar de Aeronave	2-0-2-4
	~~GED-61~~	~~Administração em Engenharia~~	~~3-0-0-4~~
	HID-63	Meio Ambiente e Sustentabilidade no Setor Aeroespacial	3-0-0-3
	MPS-30	Sistemas de Aeronaves	3-0-1-4
	~~GED-72~~	~~Princípios de Economia~~	~~3-0-0-4~~
	MVO-32	Estabilidade e Controle de Aeronaves	2-0-1-6
	SIS-02	Gestão de Projetos	2-1-0-5
			~~17~~13 + ~~2~~3 + 4 = ~~23~~20
3º AER 1º Per.	TG-1	Trabalho de Graduação 1 (Nota 3 e 5)	0-0-8-4
	PRJ-91	Fundamentos de Projeto de Helicópteros e Aeronaves de Asas Rotativas	3-0-2-4
	GED-61	Administração em Engenharia	3-0-0-4
	SIS-06	Confiabilidade de Sistemas	2-1-0-3
			~~3~~8 + ~~0~~1 + 10 = ~~13~~19
3º AER 2º Per.	TG-2	Trabalho de Graduação 2 (Nota 5)	0-0-8-4

3. CURRÍCULO APROVADO PARA ~~2021~~ 2022

3.2 Curso de Engenharia Aeronáutica

Legislação
Decreto nº 27.695, de 16 de janeiro de 1950
Lei nº 2.165, de 05 de janeiro de 1954
Parecer nº 326/81 CFE (equivalência de curso)

Currículo Aprovado
Sujeito à aprovação da Coordenação do Curso de Engenharia Aeronáutica, o aluno deve escolher entre Opção A e Opção B, que diferem quanto à carga de disciplinas eletivas e de Estágio Curricular Supervisionado. Esta escolha poderá ser feita até o início do penúltimo Período do curso.

1º Ano Profissional – 1º Período - Classe ~~2023~~ 2024

AED-01	Mecânica dos Fluidos	4 – 0 – 2 – 6
EST-15	Estruturas Aeroespaciais I	4 – 0 – 1 – 5
PRP-28	Transferência de Calor e Termodinâmica Aplicada	3 – 0 – 0 – 4
MVO-31	Desempenho de Aeronaves	2 – 0 – 1 – 6
~~SIS-04~~	~~Engenharia de Sistemas~~	~~2 – 1 – 0 – 3~~
HUM-20	Noções de Direito	3 – 0 – 0 – 3
IEA-01	Colóquios em Engenharia Aeronáutica e Aeroespacial (Nota 3 e 6)	1 – 0 – 0 – 0
		~~19~~17 + ~~1~~0 + 4 = ~~24~~21

1º Ano Profissional – 2º Período – Classe ~~2023~~ 2024

AED-11	Aerodinâmica Básica	3 – 0 – 2 – 6
EST-25	Estruturas Aeroespaciais II	4 – 0 – 1 – 5
MVO-20	Controle I	3 – 0 – 1 – 5
PRP-38	Propulsão ~~Aeroespacial~~ Aeronáutica I	3 – 0 – 1 – 4
ELE-16	Eletrônica Aplicada	2 – 0 – 1 – 3
~~SIS-02~~	~~Gestão de Projetos~~	~~2 – 1 – 0 – 5~~
GED-72	Princípios de Economia	3 – 0 – 0 – 4
		~~17~~18 + ~~1~~0 + 6 = 24

2º Ano Profissional – 1º Período - Classe ~~2022~~ 2023

EST-56	Dinâmica Estrutural e Aeroelasticidade	3 – 0 – 1 – 5
PRP-40	Propulsão Aeronáutica II	3 – 0 – 0 – 4
~~SIS-06~~	~~Confiabilidade de Sistemas~~	~~2 – 1 – 0 – 3~~
ELE-26	Sistemas Aviônicos	3 – 0,25 – 0,75 – 4
MTM-35	Engenharia de Materiais	4 – 0 – 2 – 3
~~MVO-31~~	~~Desempenho de Aeronaves~~	~~2 – 0 – 1 – 6~~
PRJ-22	Projeto Conceitual de Aeronave	3 – 0 – 2 – 4
		~~17~~16 + ~~1,25~~0,25 + ~~4,75~~5,75 = ~~23~~22

2º Ano Profissional – 2º Período - Classe ~~2022~~ 2023

AED-25	Aerodinâmica Computacional	1 – 2 – 0 – 3
~~PRJ-22~~	~~Projeto Conceitual de Aeronave~~	~~3 – 0 – 2 – 4~~
PRJ-23	Projeto ~~Avançado~~ Preliminar de Aeronave	2 – 0 – 2 – 4
~~GED-61~~	~~Administração em Engenharia~~	~~3 – 0 – 0 – 4~~
HID-63	Meio Ambiente e Sustentabilidade no Setor Aeroespacial	3 – 0 – 0 – 3
MPS-30	Sistemas de Aeronaves	3 – 0 – 1 – 4
GED-72	Princípios de Economia	3 – 0 – 0 – 4
MVO-32	Estabilidade e Controle de Aeronaves	2 – 0 – 1 – 6
		~~18~~14 + 2 + 4 = ~~24~~20

3º Ano Profissional – 1º Período - Classe ~~2021~~ 2022

TG-1	Trabalho de Graduação 1 (Nota 3 e 5)	0 – 0 – 8 – 4
~~PRJ-23~~	~~Projeto Avançado de Aeronave~~	~~3 – 0 – 2 – 4~~
PRJ-91	Fundamentos de Projeto de Helicópteros e Aeronaves de Asas Rotativas	3 – 0 – 2 – 4
		3 + 0 + 10 = 13

3º Ano Profissional – 2º Período - Classe ~~2021~~ 2022

TG-2	Trabalho de Graduação 2 (Nota 5)	0 – 0 – 8 – 4

Disciplinas Eletivas

A matrícula em eletivas está condicionada ao aluno haver cursado os pré-requisitos da disciplina, à disponibilidade de vagas e à aprovação do professor responsável e da Coordenação do Curso. Essas disciplinas podem ser de graduação (dos Cursos Fundamental e Profissionais) ou de pós-graduação do ITA.

Opção A: o aluno deverá cursar com aproveitamento um mínimo de 352 horas-aula de eletivas.

Opção B: o aluno deverá cursar com aproveitamento um mínimo de 256 horas-aula de eletivas.

Observação: o total de horas-aula de eletivas inclui aquelas que foram eventualmente cursadas no Currículo do Curso Fundamental.

Disciplinas Eletivas - IEA

AER-21	Voo a Vela I (Nota 4 – Dispensada de exame final)	2 – 0 – 0,25 – 2
AER-31	Voo a Vela II (Nota 3 – Conceito S ou NS)	0,25 – 0 – 1 – 1
AER-32	Voo a Vela III (Nota 3 – Conceito S ou NS)	0,25 – 0 – 1 – 1
AED-34	Aerodinâmica Aplicada a Projeto de Aeronave	3 – 0 – 1 – 6
AED-41	Fundamentos de ensaios em túneis de vento	0 – 0 – 1 – 1
ASP-04	Integração e Testes de Veículos Espaciais	2 – 0 – 0 – 3
EST-35	Projeto de Estruturas Aeroespaciais	1 – 2 – 0 – 3
MVO-22	Controle II	2 – 0 – 1 – 6
MVO-50	Técnicas de Ensaios em Voo	2 – 0 – 1 – 2
MVO-65	Desempenho e Operação de Aeronaves	3 – 0 – 0 – 6
MVO-60	Operação e Voo de Aeronaves I	1 – 0 – 2 – 6
MVO-66	Ensaio de Aeronaves Remotamente Operadas	1 – 0 – 2 – 6
PRJ-31	Projeto e Construção de Aeronaves Remotamente Pilotadas	1 – 0 – 2 – 4

PRJ-34	Engenharia de Veículos Espaciais	3 – 0 – 0 – 4
PRJ-70	Fabricação em Material Compósito	1 – 0 – 1 – 2
PRJ-72	Desenvolvimento, Construção e Teste de Sistema Aeroespacial A (Nota 2 e 3)	0 – 0 – 3 – 2
PRJ-74	Desenvolvimento, Construção e Teste de Sistema Aeroespacial B (Nota 2 e 3)	0 – 0 – 2 – 1
PRJ-78	Valores, Empreendedorismo e Liderança	2 – 0 – 0 – 4
PRJ-81	Evolução da Tecnologia Aeronáutica	2 – 0 – 0 – 2
PRJ-85	Certificação Aeronáutica	2 – 0 – 0 – 2
PRJ-87	Manutenção Aeronáutica	2 – 0 – 0 – 2
PRJ-90	Fundamentos de Projeto de Helicópteros	2 – 0 – 2 – 2
PRP-30	Trocadores de Calor para Aplicação Aeronáutica	2 – 0 – 0 – 4
PRP-42	Tópicos Práticos em Propulsão Aeronáutica	2 – 1 – 0 – 2
PRP-47	Projeto de Motor Foguete Híbrido	3 – 1 – 0 – 3
PRP-50	Emissões Atmosféricas de Poluentes e Influência do Setor Aeronáutico	2 – 0 – 0 – 2
SIS-10	Análise da Segurança de Sistemas Aeronáuticos e Espaciais	2 – 0 – 1 – 3

Estágio Curricular Supervisionado

Opção A: o aluno deverá realizar um mínimo de 160 horas de Estágio Curricular Supervisionado, de acordo com as normas reguladoras próprias, a partir da conclusão do 2º ano Profissional ou durante suspensão de matrícula.

Opção B: o aluno deverá realizar um mínimo de 300 horas de Estágio Curricular Supervisionado, de acordo com as normas reguladoras próprias, a partir da conclusão do 2º ano Profissional ou durante suspensão de matrícula.

Atividades Complementares

O aluno deverá comprovar um mínimo de 200 horas de Atividades Complementares, de acordo com as normas reguladoras próprias.

As atividades complementares deverão ser contabilizadas até o último semestre do Curso Profissional, conforme data prevista no calendário escolar/administrativo do ITA para entrega de requerimento pelo aluno.

3.9 Notas

Nota 1 - O aluno que estiver cursando o CPOR/SJ será dispensado da obrigatoriedade de Práticas Desportivas. Aos alunos dos demais anos dos Cursos Fundamental e Profissional serão proporcionados orientação e estímulo à participação em modalidades desportivas.

Nota 2 - Disciplina sem controle de presença.

Nota 3 - Disciplina cujo aproveitamento final será feito através de conceito Satisfatório ou Não Satisfatório (S/NS).

Nota 4 - Disciplina dispensada de exame final.

Nota 5 - O TG – Trabalho de Graduação – é regulado por normas próprias e deverá ser um projeto coerente com a sua habilitação, sendo considerado atividade curricular obrigatória.

Nota 6 - Disciplina avaliada em etapa única.

Nota 7 - Disciplina obrigatória oferecida somente às Turmas 1 e 2.

Nota 8 - Disciplina obrigatória oferecida somente às Turmas 3 e 4.

TG-1 – Trabalho de Graduação 1 (Nota 3 e 5) – Requisito: Não há – Horas semanais: 0-0-8-4. Detalhamento da proposta do Trabalho de Graduação: definição de hipótese, objetivos, revisão bibliográfica, critérios de sucesso e análise de riscos, definição da metodologia e cronograma de atividades. Defesas escrita e oral da proposta. **Bibliografia:** Materiais selecionados pelo orientador e pelo aluno.

TG-2 – Trabalho de Graduação 2 (Nota 5) – Requisito: TG-1 – Horas semanais: 0-0-8-4. Execução da proposta definida em TG-1: desenvolvimento, análise e discussão de resultados. Defesas escrita e oral do Trabalho de Graduação. **Bibliografia:** Materiais selecionados pelo orientador e pelo aluno.

6. EMENTAS DAS DISCIPLINAS

6.2 Divisão de Engenharia Aeronáutica e Aeroespacial (IEA)

IEA-01 - Colóquios em Engenharia Aeronáutica e Aeroespacial (Nota 3 e 6). *Requisito*: Não há. *Horas semanais*: 1-0-0-0. Palestras técnicas de professores e convidados em temas de interesse da Engenharia Aeronáutica e Aeroespacial. Debates sobre oportunidades de intercâmbio, iniciação científica e pós-graduação. Apresentação de currículo, da estrutura e da coordenação do curso. Boas práticas de trabalhos em grupo e de comunicação técnica. **Bibliografia**: Não há.

AER-21 – VOO A VELA I (**Nota 4**) *Requisito:* não há. *Horas semanais:* 2-0-0,25-2. Conhecimentos Técnicos de Aeronaves. Princípios do voo, desempenho, planejamento, peso e balanceamento. Meteorologia. Regulamentação aeronáutica. Desempenho humano. Navegação Aérea. Procedimentos operacionais. **Bibliografia**: Federal Aviation Administration, *Glider Flying Handbook*, FAA-H-8083-13A, 2013; Navarro, H., Voo a Vela - Voando mais rápido e mais longe, Editora ASA, 2017; Widmer, J. A., O Voo a Vela, Editora ASA, 3ª ed., 2009.

AER-31 – VOO A VELA II (**Nota 3**) *Requisito:* AER-21, Certificado Médico Aeronáutico pelo menos de 4ª Classe reconhecido pela ANAC, e aprovação no exame teórico de piloto do planador da ANAC. *Horas semanais:* 0,25-0-1-1. Segurança de voo. Meteorologia prática. Técnicas de voo de distância. **Bibliografia**: Knauff, T., Grove, D. Accident Prevention Manual for Glider Pilots, Editora Knauff & Grove, 2ª ed., 1992; Weinholtz, F. W., Moderno Voo de Distância em Planadores - Teoria Básica, Editora ASA, 1995; Bradbury, T., *Meteorology and Flight, A Pilot's Guide to Weather*, Editora A & C Black, 3ª ed., 2004.

AER-32 – VOO A VELA III (**Nota 3**) *Requisito:* AER-31. *Horas semanais:* 0,25-0-1-1. Tópicos avançados de segurança de voo. Tópicos avançados em meteorologia prática. Técnicas de voo de competição. Pousos fora de aeródromos. **Bibliografia**: Brigliadori, L. and Brigliadori,

R., *Competing in Gliders: Winning With Your Mind*, Editora Bellavite, 2ª ed., 2005; Kawa, S., *Sky Full of Heat*, Editora CreateSpace, 2012; Piggott, D., *Glider Safety*, Editora A & C, 2ª ed., 2000.

6.2.1 Departamento de Aerodinâmica (IEA-A)

AED-01 - Mecânica dos Fluidos. *Requisito*: Não há. *Horas semanais:* 4-0-2-6. Introdução: conceito de fluido, noção de contínuo. Cinemática do escoamento. Equações fundamentais da mecânica dos fluidos nas formas integral e diferencial. Conceito de perda de carga e suas aplicações: Projeto conceitual de um túnel de vento. Análise de similaridade. Camada limite incompressível laminar: equações de Prandtl, solução de Blasius, separação. Camada limite compressível laminar: efeitos do número de Prandtl, aquecimento aerodinâmico, fator de recuperação e analogia de Reynolds. Transição do regime laminar para o turbulento. Camada limite incompressível turbulenta; equações médias de Reynolds: conceito do comprimento de mistura. Introdução ao escoamento compressível: ondas de som, número de Mach, estado de estagnação local. Escoamento subsônico, transônico, supersônico e hipersônico. Ondas de choque e expansão de Prandtl-Meyer. Escoamento unidimensional isentrópico. Túneis de vento. Técnicas para medida de grandezas básicas: pressão, vazão, velocidade e temperatura. Técnicas de visualização de escoamentos. **Bibliografia**: WHITE, F.M. *Fluid Mechanics.* 7th ed. New York: McGraw-Hill, 2011. ANDERSON JR., J.D. *Fundamentals of aerodynamics.* 5th ed. New York: McGraw-Hill, 2010. WHITE, F. M. *Viscous fluid flow.* 3rd ed. New York: McGraw-Hill, 2005.

AED-11 - Aerodinâmica Básica. *Requisito:* AED-01. *Horas semanais:* 3-0-2-6. Aerodinâmica aplicada a aviões e foguetes. Aerodinâmica do perfil em regime incompressível. Escoamento potencial incompressível: Potencial de velocidades. Teoria do perfil fino. Curvas características de aerofólios: influência da espessura, do arqueamento, dispositivos hipersustentadores. Asa finita em regime incompressível: Teoria da linha sustentadora. Curvas características de asas: influência da forma em planta, torção e superfícies de comando. Teoria subsônica de corpos esbeltos, aplicada a lançadores e mísseis. Aeronaves: interferência aerodinâmica. Escoamento compressível. Equação potencial completa. Teoria das pequenas perturbações: Transformações de Prandtl-Glauert. Variação dos coeficientes aerodinâmicos com o número de Mach: conceitos de Mach crítico e de divergência. Técnicas experimentais: análise de um instrumento genérico. Medidas óticas em aerodinâmica: PSP, LDV e PIV. **Bibliografia**: ANDERSON JR., J.D. *Fundamentals of aerodynamics.* 5th ed. New York: McGraw-Hill, 2010. SCHLICHTING, H.; TRUCKENBRODT, E. *Aerodynamics of the airplane*, New York: McGraw-Hill, 1979. DOEBELIN, E. O. *Measurement systems:* application and design. 5th ed. New York: McGraw-Hill, 2003. (Mechanical Engineering Series).

AED-25 - Aerodinâmica Computacional. *Requisito:* AED-11. *Horas semanais:* 1-2-0-3. Métodos numéricos para escoamentos potenciais em regime incompressível: método dos painéis, *vortex-lattice*. Correção de camada limite. Previsão de transição para o regime turbulento. Problemas de análise e projeto de aerofólios e asas. Estudo de configurações completas de aeronaves de baixa velocidade. Correção de compressibilidade. Introdução a métodos numéricos para soluções de equações diferenciais. Métodos numéricos para escoamentos compressíveis e/ou viscosos: equação do potencial completo, Euler e Navier-Stokes com média de Reynolds. Modelos de turbulência. Aplicações para o escoamento em

torno de perfis e asas nos regimes subsônico e transônico. Introdução à simulação direta e de grandes escalas em aerodinâmica. **Bibliografia**: KATZ, J.; PLOTKIN, A. *Low-speed aerodynamics.* Cambridge: University Press, 2001. ANDERSON JR, J.D. *Modern compressible flow:* with historical perspective. 3rd ed. New York: McGraw-Hill, 2002. ANDERSON JR., J.D. *Computational fluid dynamics.* New York: McGraw-Hill, 1995.

AED-27 - Aerodinâmica Supersônica. *Requisito:* AED-11. *Horas semanais*: 2-2-0-3 Perfis, asas e fuselagens em regime supersônico. Teoria supersônica dos corpos esbeltos aplicada a lançadores e mísseis. Corpos axissimétricos: métodos potenciais e método choque-expansão. Equação do potencial linearizado no regime supersônico. Regras de similaridade. Sistemas asa-corpo-empenas. Interferência aerodinâmica. Coeficientes aerodinâmicos de foguetes. Arrasto de pressão e de fricção: solução de van Driest. Métodos de análise e de projeto. Introdução a métodos numéricos para soluções de equações diferenciais. Métodos numéricos para escoamentos compressíveis no regime supersônico. Regime hipersônico: Descrição física do escoamento. Teoria de Newton modificada. Independência do número de Mach. Aerotermodinâmica. **Bibliografia**: ANDERSON JR., J.D. *Modern compressible flow:* with historical perspective. 3rd ed. New York: McGraw-Hill, 2002. MOORE, F.G. *Approximate methods for weapon aerodynamics.* Reston: AIAA, 2000. SCHLICHTING, H.; TRUCKENBRODT, E. *Aerodynamics of the airplane*. New York: McGraw-Hill, 1979.

AED-34 - Aerodinâmica Aplicada a Projeto de Aeronave. *Requisito:* Não há. *Horas semanais:* 3-0-1-6. Componentes do arrasto e sua importância no desempenho de aeronaves. Elaboração de polar de arrasto: metodologias, interface com desempenho e polares obtidas de voo. Configurações aerodinâmicas: asa voadora, asa alongada, canard, três superfícies, winglet e novos conceitos. Hiper-sustentadores e controle de camada limite. Aerodinâmica de alto ângulo de ataque. Efeitos no desempenho devido à Integração aeronave-sistema propulsivo. Interferência aerodinâmica entre partes da aeronave. Corretivos: vortilons, barbatanas dorsais e ventrais, geradores de vórtice, stablets, provocadores de estol e fences. Aspectos da aerodinâmica supersônica e hipersônica. Derivadas dinâmicas de estabilidade. Aspectos adicionais relevantes no projeto: drag rise, drag creep, buffeting subsônico e transônico, características de estol, arrasto de trem de pouso, esteira de vórtice da asa, efeito solo e excrescências. Túnel de vento: tipos, instrumentação, planejamento de ensaios e correções para condição de voo. Ferramentas computacionais e semi-empíricas para cálculo aerodinâmico. **Bibliografia**: STINTON, D. *The Anatomy of the airplane*. Reston: AIAA, 1998. ROSKAM, J. *Airplane design, parts I-VIII.* Ottowa: Roskam Aviation and Engineering, 1985. TORENBEEK, E. *Advanced aircraft design*. New York: Wiley, 2013.

AED-41 - Fundamentos de Ensaios em Túneis de Vento (Nota 4). *Requisito*: AED-11*. Horas semanais*: 0-0-1-1. *Ementa*: Métodos experimentais aplicados à ensaios em túneis de vento. Apresentação dos principais sensores utilizados em medidas de força aerodinâmica, pressão, velocidade e aplicação em medidas. Introdução a projeto e planejamento de experimentos em túneis de vento. Operação e boas práticas durante ensaio em túnel de vento. **Bibliografia**: ANDERSON JR, J.D. *Fundamentals of aerodynamics.* 5th ed. New York: McGraw-Hill, 2010. BARLOW, J. B.; RAE JR, W. H.; POPE, A. *Low-speed wind tunnel testing.* 3th ed. New York: John Wiley and Sons, 1999. BREDERODE, V. *Aerodinâmica incompressível*: fundamentos. Lisboa: IST Press, 2014.

6.2.2 Departamento de Estruturas (IEA-E)

EST-10 - Mecânica dos Sólidos. *Requisito:* Não há. *Horas semanais*: 3-0-0-5. Objetivos; histórico. Equilíbrio de corpos deformáveis; forças e momentos transmitidos por barras; diagramas de esforços internos. Estados de tensão e deformação num ponto: transformação de coordenadas; valores principais; diagrama de Mohr. Relações deformação-deslocamento. Equações constitutivas. Energia de deformação. Teoremas de Castigliano. Barras sob esforços axiais. Torção de barras circulares. Teoria de vigas de Euler-Bernoulli. Estruturas Hiperestáticas. Critérios de escoamento. **Bibliografia**: GERE, J. M.; GOODNO, B. J. *Mechanics of materials*. 9thed. Belmont: Thomson, 2017. HIBBELER, R. C. *Resistência dos materiais*. 10ª ed. Porto Alegre: Pearson, 2019. CRANDALL, S. H.; DAHL, N. C.; LARDNER, T. J.; SIVAKUMAR, M. S. *An introduction to the mechanics of solids*. 3rd ed. New York: McGraw-Hill, 2012.

EST-15 - Estruturas Aeroespaciais I. *Requisito:* EST-10. *Horas semanais*: 4-0-1-5. Princípios e objetivos da análise estrutural. Análise experimental de tensões e deformações: extensômetros elétricos de resistência. Princípios de trabalho e energia: trabalhos virtuais, energia potencial total, teoremas de reciprocidade, da carga unitária. Método de Rayleigh-Ritz. Teoria de placas de Kirchhoff: solução de Navier. Introdução ao método dos elementos finitos: formulação para barras e membrana. Flambagem elástica e inelástica de colunas e placas. Fadiga: histórico de problemas de fadiga e mecânica da fratura. Conceitos de projeto “Fail-safe”, “Safe-life” e Tolerante ao Dano. Curvas S-N. Tensão Média. Regra de Palmgren-Miner. Concentradores de tensão. Análise de juntas e fixações **Bibliografia**: ALLEN, D. H.; HAISLER, W. E. *Introduction to aerospace structural analysis*. New York: John Wiley, 1985. FISH, J.; BELYTSCHKO, T. *Um primeiro curso em elementos finitos*. Rio de Janeiro: LTC, 2009. CHAJES, A. *Principles of structural stability theory.* Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1974.

EST-24 - Teoria de Estruturas. *Requisito*: EST-10. *Horas semanais*: 3-0-1-5. Princípios e objetivos da análise estrutural. Análise experimental de tensões e deformações: extensômetros elétricos de resistência e sistemas ópticos. Princípios de trabalho e energia: trabalhos virtuais, energia potencial total, teoremas de reciprocidade, da carga unitária. Estruturas reticuladas: análise de esforços e deslocamentos. Método das forças. Métodos aproximados: Rayleigh-Ritz. Teoria de placas de Kirchhoff: solução de Navier. **Bibliografia**: ALLEN, D. H.; HAISLER, W. E. *Introduction to aerospace structural analysis.* New York: John Wiley, 1985. DALLY, J. W.; RILEY, W. F. *Experimental stress analysis.* 3ª ed. New York: McGraw-Hill, 1991. UGURAL, A. C. *Stresses in plates and shells.* New York: McGraw-Hill, 1981.

EST-25 - Estruturas Aeroespaciais II. *Requisito:* EST-15. *Horas semanais*: 4-0-1-5. Introdução às estruturas aeroespaciais: componentes, materiais e idealização estrutural. Modelagem de componentes aeroespaciais pelo método dos elementos finitos. Teoria de torção de Saint-Venant. Flexo-torção de vigas de paredes finas de seção aberta e fechada. Restrição axial na flexo-torção de vigas de paredes finas. Difusão em painéis. Aplicações aeroespaciais. Critérios de Falha de placas e painéis reforçados. **Bibliografia:** MEGSON, T.H.G. *Aircraft structures for engineering students.* 6th ed. Oxônia: Butterworth-Heinemann, 2016. CURTIS, H. *Fundamentals of aircraft structural analysis.* New York: McGraw-Hill, 1997. BRUHN, E. F. *Analysis and design of flight vehicle structures.* Cincinnati: Tri-Offset, 1973.

EST-31 - Teoria de Estruturas II. *Requisito*: EST-24. *Horas semanais*: 3-0-1-5. Teoria de torção de barras de Saint-Venant. Analogia de membrana. Teoria da flexão, torção e flexo-torção de vigas de paredes finas: seções abertas, fechadas, multicelulares; idealização

estrutural. Aplicações em componentes aeronáuticos: asa e fuselagem. Estabilidade de colunas, vigas-coluna; soluções exatas e aproximadas. Estabilidade de placas. **Bibliografia**: MEGSON, T. H. G. *Aircraft structures for engineering students.* 3rd ed. London: E. Arnold, 1999. CURTIS, H. D. *Fundamentals of aircraft structural analysis.* New York: McGraw-Hill, 1997. CHAJES, A. *Principles of structural stability theory.* Englewood Cliffs: Prentice Hall, 1974.

EST-35 - Projeto de Estruturas Aeroespaciais. *Requisitos:* EST-15 e EST-25. *Horas semanais*: 1-2-0-3. O objetivo desta disciplina é o desenvolvimento das habilidades técnicas e interpessoais do aluno em um projeto de estrutura de um sistema aeroespacial. O projeto deve ser desenvolvido preferencialmente por uma equipe de alunos. Ao final da disciplina, os alunos deverão apresentar um sistema estrutural que atenda a requisitos técnicos. O professor deve estimular a iniciativa e a imaginação do aluno. **Bibliografia**: BRUHN, E. F. *Analysis and design of flight vehicle structures.* Cincinnati: Tri-Offset, 1973. NIU, M. *Airframe stress analysis and sizing.* 2nd ed. Hong Kong: Conmilit Press, 1999. NIU, M. *Airframe structural design.* 2nd ed. Hong Kong: Conmilit Press, 1998.

EST-56 - Dinâmica Estrutural e Aeroelasticidade. *Requisit*o: Não há. *Horas semanais*: 3-0-1-5. Modelagem de sistemas dinâmicos: princípio de Hamilton; equações de Lagrange. Vibrações livres e 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. Ensaios de vibração em solo. Introdução ao método de elementos finitos em dinâmica de estruturas. Modelagem aeroelástica de uma seção típica. Problemas de estabilidade e resposta aeroelástica. Modelos aeroelásticos na base modal. Métodos de elementos discretos em aeroelasticidade, Noções sobre ensaios aeroelásticos em túnel e em voo. **Bibliografia**: BISMARCK-NASR, M. N. *Structural dynamics in aeronautical engineering.* Reston: AIAA, 1999. INMAN, D. J. *Engineering vibrations*. 3rd ed. Upper Saddle River, NJ: Pearson Prentice Hall, 2008. WRIGHT, J. R.; COOPER, J. E. *Introduction to aircraft aeroelasticity and loads*. 2nd ed. New York: Wiley, 2015.

EST-57 - Dinâmica de Estruturas Aeroespaciais e Aeroelasticidade. *Requisito*: ASP-29. *Horas semanais*: 3-0-1-5. Modelagem de sistemas dinâmicos: princípio de Hamilton; equações de Lagrange. Vibrações livres e respostas à excitação harmônica, periódica, geral e randômica 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. Método de Elementos Finitos. Vibrações livres e respostas dinâmicas de sistemas contínuos. Ensaios de vibração em solo. Aeroelasticidade de placas e cascas. Problemas de estabilidade e resposta aeroelastica. Modelos aeroelásticos na base modal. **Bibliografia**: BISMARCK-NASR, M. N. *Structural dynamics in aeronautical engineering.* Reston: AIAA, 1999. (AIAA Education). RAO, S.S. *Mechanical vibrations.* 5. ed. Upper Saddle River, NJ: Pearson Prentice Hall, 2004. WRIGHT, J.R.; COOPER, J.E. Introduction to aircraft aeroelasticity and loads. 2. ed. New York: Wiley, 2015.

6.2.3 Departamento de Mecânica do Vôo (IEA-B)

MVO-20 - Controle I. *Requisito:* Não há. *Horas semanais:* 3-0-1-5. 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 freqüência.

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

MVO-22 - Controle II. *Requisito*: MVO-20. *Horas semanais*: 2-0-1-6. Revisão de funções de transferência: diagrama de blocos, diagrama de Bode, transformadas de Laplace. Análise no domínio da frequência: critério de Nyquist, margens de estabilidade, relações de Bode e sistemas de fase mínima. Projeto no domínio da frequência: funções de sensibilidade, especificações de desempenho, projeto de sistemas de controle através de loop shaping. Limites fundamentais: limitações impostas por polos e zeros no semi-plano direito, fórmula integral de Bode. Noções de controle robusto. **Bibliografia**: OGATA, K. Engenharia de controle modern. 5ª ed. São Paulo: Prentice Hall, 2010. ASTROM, K. J.; MURRAY, R. M. *Feedback systems:* an introduction for scientists and engineers. 2ª ed. Princeton: University Press, 2018. FRANKLIN, G. F.; POWELL, J. D.; EMAMI-NAEINI, A. Sistemas de controle para engenharia. 6ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2013.

MVO-31 - Desempenho de Aeronaves. *Requisito:* Não há. *Horas semanais:* 2-0-1-6. Atmosfera padrão, forças aerodinâmicas e propulsivas. Definição e medida de velocidade. Desempenho pontual: planeio, voo horizontal, subida, voo retilíneo não-permanente, manobras de voo, diagrama altitude-número de Mach. Envelope de voo. Métodos de Energia. Desempenho integral em alcance, autonomia e combustível consumido: cruzeiro, voo horizontal não-permanente, subida e voos curvilíneos. Decolagem, aterrissagem e conceitos de certificação. **Bibliografia**: 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.

MVO-32 - Estabilidade e Controle de Aeronaves. *Requisito:* MVO-20 ou equivalente. *Recomendado:* MVO-31. *Horas semanais:* 2-0-1-6. Estabilidade estática longitudinal: margem estática a manche fixo e a manche livre. Critérios de estabilidade estática láterodirecional. Sistemas de referência, ângulos de Euler e matrizes de transformação. Dedução das equações do movimento da aeronave modelada como corpo rígido. Derivadas de estabilidade e de controle. Cálculo numérico de condições de equilíbrio. Linearização das equações do movimento. Modos autônomos longitudinais e látero-direcionais. Simulação do voo em malha aberta. Estabilidade dinâmica: qualidades de voo. Projeto de sistemas de controle de voo: sistemas de aumento de estabilidade, sistemas de aumento de controle e piloto automático. Simulação do voo em malha fechada. **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.

MVO-41 - Mecânica Orbital. *Requisito*: Não há. *Horas semanais:* 3-0-0-5. Introdução: histórico, leis básicas, problema de N corpos. Problemas de dois corpos: formulação, integrais primeiras, equação da trajetória, descrição das órbitas. Trajetórias no espaço: sistemas de coordenadas e medidas de tempo, definição de elementos orbitais, sua determinação a partir dos vetores posição e velocidade, e vice-versa. Posição e velocidade em função do tempo. Manobras orbitais básicas: transferência de Hohmann e bielípica,

manobras de mudança de plano de órbita, manobras de assistência gravitacional. Perturbações: Variação dos elementos orbitais, tipos de perturbações e seus efeitos, arrasto aerodinâmico e decaimento orbital. Trajetórias lunares e interplanetárias. **Bibliografia**: BATE, R.R.; MUELLER, D.D.; WHITE, J.E. *Fundamentals of astrodynamics.* New York: Dover, 1971. CHOBOTOV, V.A. (Ed.) *Orbital mechanics.* 3rd ed. Reston, VA: AIAA, 2002. CURTIS, H.D. *Orbital mechanics for engineering* students. 3rd ed. Amsterdam: Elsevier, 2014.

MVO-50 - Técnicas de Ensaios em Vôo. *Requisito*: PRP-38. *Horas semanais*: 2-0-1-2. Introdução a Redução de Dados de Ensaio. Técnicas de Calibração Anemométrica. Conhecimentos básicos relacionados com as técnicas de ensaios em voo para determinação de qualidades de voo e desempenho. Introdução a Sistemas de Aquisição de Dados, Instrumentação e Telemetria. Noções sobre ensaios para certificação aeronáutica. **Bibliografia**: KIMBERLIN, R.D. *Flight Testing of fixed-wing aircraft.* Reston, VA: AIAA, 2003. MCCORMICK, B.W. *Introduction to flight testing and applied aerodynamics.* Reston, VA: AIAA, 2011. UNITED STATES. Department of Defense. *MIL-F-8785C: military specification: flying qualities of piloted airplanes.* Washington, DC: DOD, 1980.

MVO-52 - Dinâmica e Controle de Veículos Espaciais. *Requisito:* MVO-20 ou equivalente. *Horas semanais*: 3-0-0-6. Dinâmica de Foguetes: equações gerais de movimento; movimento do foguete em duas dimensões (ascensão vertical; trajetórias inclinadas; trajetórias "*gravity turn*"); foguete de múltiplos estágios (filosofia de uso de multi-estágios; otimização de veículos); separação de estágios. Dinâmica de atitude: equações de Euler, ângulos de orientação, veículo axissimétrico livre de torque externo, veículo geral livre de torque externo, elipsoide de energia. Controle de atitude: satélite com spin, satélite sem spin, mecanismo Yo-Yo, satélite controlado por gradiente de gravidade, veículo Dual-Spin. **Bibliografia**: ZANARDI, M.C.F. de P.S. *Dinâmica de voo espacial.* Santo André: EdUFABC, 2018. CURTIS, H.D. *Orbital mechanics for engineering students.* Oxford: Elsevier: Butterworth-Heinemann, 2005. WIESEL, W. E. *Spaceflight dynamics*. 3ª ed. Beavercreek, OH: Aphelion Press, 2010.

MVO-53 - Simulação e Controle de Veículos Espaciais. *Requisito:* MVO-52 ou equivalente. *Horas semanais*: 3-0-0-6. 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 gimbal); torque magnético. Simulação de veículos espaciais: controle para a estabilização de atitude e para a realização de manobras de atitude. **Bibliografia**: SIDI, M. *Spacecraft dynamics and control:* a practical engineering approach. Cambridge: University Press, 2006. WIESEL, W.E. *Spaceflight dynamics.* 3rd ed. Beavercreek, OH: Aphelion Press, 2010. WERTZ, J.R. (Ed.). S*pacecraft attitude determination and control*. Dordrecht: Kluwer Academic, 1978.

MVO-60 – Operação e Voo de Aeronaves I. *Requisito*: não há. *Horas semanais*: 3-0-1-1. Discussão sobre um centro de instrução de aviação civil. Conceitos de aerodinâmica aplicada a aeronaves de asa fixa. Boas práticas operacionais de aeronaves tripuladas. Diferença entre o voo tripulado e aeronaves remotamente operadas em terceira pessoa. Sistema de simulação de voo na instrução aérea. Organizações que compõem o sistema de aviação civil no mundo /Brasil. Ciclo de vida de uma aeronave. Regras de voo. Tipos de habilitação. Meteorologia. Fundamentos de atividades de vida em serviço e sua relação com o desenvolvimento de produtos. **Bibliografia**: Federal Aviation Administration, P*ilot's Handbook of Aeronautical Knowledge*, FAA-H-8083-25B, 2016; Federal Aviation

Administration, *Remote Pilot – Small Unmanned Aircraft Systems*, FAA-G-8082-22, 2016. International Civil Organization, *Safety Management Manual*. Doc 9859, 2013.

MVO-65 - Desempenho e Operação de Aeronaves. *Requisito*: Não há. *Recomendado*: MVO-11. *Horas semanais* 3-0-0-6. Conceitos e Medidas de Velocidade e Altitude. Calibração de sistema anemométrico. Velocidades de Referência (Stall, V_{mcg}, V_{mca}, V_{mu}, V_{lof}, V_2, V_r, V_1, V_{ref}, Flap/LG speeds, V_{MO}, MMO). Decolagem, modelagem física, análise de parâmetros técnicos e ambientais, pistas molhadas e contaminadas, Limites de gradiente, velocidade de pneu e energia de frenagem, técnicas para melhoria de desempenho, V2 variável e CG alternado. Voo de subida, modelagem e análise de parâmetros. Voo de cruzeiro, modelagem, conceito de fuel flow e specific range, efeitos ambientais, velocidades de máximo alcance, máximo endurance e longo alcance, técnica de *step climb*, efeito do CG no cruzeiro. *Driftdown*, requisitos de falha de motor, determinação de trajetória, efeito no planejamento de missão. Descida e Aproximação, modelagem física e regulamentos. Pouso, regulamentos, limitações, cálculo da distância total, conceito de *quick turn around*. Conceitos de planejamento de missão e despacho. **Bibliografia:** BLAKE, W.; Performance Training Group. *Jet transport performance methods.* Washington, DC: Boeing Commercial Airplanes, 2009. FLIGHT *operations support and line assistance*: *getting to grips with aircraft performance*. [S.l.]: Airbus, 2002. PHILLIPS, W. F. *Mechanics of flight*. New Jersey: Wiley, 2002.

MVO-66 - Ensaio de Aeronaves Remotamente Operadas. *Requisito:* Não há. *Recomendado:* PRJ-30. *Horas semanais*: 1-0-2-6. Conceitos de aerodinâmica e mecânica do voo aplicados à pilotagem. Contextualização dos ensaios no desenvolvimento de produto. Boas práticas operacionais. Noções de meteorologia aplicadas ao ensaio em voo. Conceitos de ensaios em solo e ensaios em voo. Ensaios do aeromodelo. **Bibliografia:** UNITED STATES. Department of Defense. Federal Aviation Administration. *Advisory Circular* 90-89B: Amateur-built aircraft and ultralight flight testing handbook. Washington, DC: DOD, 2015. MCCORMICK, B.W. *Introduction to flight testing and applied aerodynamics*. Reston, VA: AIAA, 2011. KIMBERLIN, R.D. *Flight testing of fixed-wing aircraft*. Reston, VA: AIAA, 2003.

6.2.4 Departamento de Projetos (IEA-P)

PRJ-22 - Projeto Conceitual de Aeronave. *Requisitos:* AED-11, MVO-31, PRP-38. *Horas semanais:* 3-0-2-4. 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 ~~e manutenção~~ aeronáutica. ~~Noções e aplicações de otimização multidisciplinar.~~ **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. GUDMUNDSSON, S. *General aviation aircraft design:* applied methods and procedures. Oxford: Butterworth-Heinemann, 2013.

PRJ-23 - Projeto ~~Avançado~~ Preliminar de Aeronave. *Requisito:* PRJ-22. *Horas semanais:* ~~3~~2-0-2-4. Regulamentos e requisitos do projeto de aeronave~~, incluindo~~. Noções de manutenção aeronáutica. Projeto preliminar de aeronave. Integração de sistemas e grupo

moto-propulsor. Análise aerodinâmica numérica da configuração completa. ~~Considerações ambientais no projeto de aeronave.~~ Análise preliminar de cargas ~~estáticas e dinâmicas~~. Noções e aplicações de otimização multidisciplinar ~~e noções de *Big data* voltada a projeto de aeronave~~. ~~Projeto e dimensionamento dos~~ Componentes estruturais primários. Considerações ambientais no projeto de aeronave. Planejamento de operações e conceitos de operação. **Bibliografia**: SADRAEY, M. H. *Aircraft design:* a system engineering approach. New York: John Wiley & Sons, 2013. MATTOS, B. S.; FREGNANI, J. A.; MAGALHÃES, P. C. *Conceptual design of green transport airplanes*. Sharjah: Betham Books, 2018. KUNDU, A. K. *Aircraft design*. Cambridge: University Press, 2010. (Cambridge Aerospace Series).

PRJ-31 – Projeto e Construção de Aeronaves Remotamente Pilotadas. *Requisito*: PRJ-22. *Horas semanais*: 1-0-2-4. Desenvolvimento de um projeto de uma aeronave remotamente pilotada: requisitos, fases do projeto, construção e testes. Análises conceituais e numéricas para o projeto de uma aeronave: definição de configuração, estimativa de peso, definição dos coeficientes aerodinâmicos, dimensionamento de aeronave, análise de estabilidade e controlabilidade da aeronave, determinação dos centros de gravidade e aerodinâmico, cálculos de carga e dimensionamento estrutural. Aspectos de gerenciamento de projeto: divisão do trabalho, cronograma, gerenciamento de configuração e troca de informações na equipe de projeto. Materiais e métodos usados na construção das partes de uma aeronave remotamente pilotada: integração destas partes, integração de motor, integração do trem de pouso, integração do sistema de controle e atuadores. Manutenabilidade. Planejamento de operações e conceitos de operação. Análise dos dados de operação. **Bibliografia**: RAYMER, D. P. *Aircraft Design: A Conceptual Approach*. 3ª ed. Washington, DC: AIAA, 1999. ROSKAM, J. *Airplane Design: Parts I-VIII*. Lawrence: DAR Corporation, 2000-2003. JENKINSON, L. R.; SIMKIN, P.; RHODES, D. *Civil Jet Aircraft Design*. Washington, DC: AIAA, 1999.

PRJ-32 - Projeto e Construção de Sistemas Aeroespaciais. *Requisito*: Não há. *Horas semanais*: 1-0-3-3. Noções de foguete, satélite e estação terrena. Definição de missão. Definição de sistema. Projeto. Manufatura, montagem integração e testes do sistema. Lançamento e operação. **Bibliografia**: WERTZ, J. R.; LARSSON, J. W. (ed). *Space mission analysis and design.* Dordrecht: Kluwer, 1999. FORTESCUE, P.; STARK, J. (ed.). *Spacecraft systems engineering*. 2a ed. Chichester: John Wiley and Sons, 1995. SUTTON, G. P. *Rocket propulsion elements*. 7. ed. New York: Wiley, 2001.

PRJ-34 - Engenharia de Veículos Espaciais. *Requisito*: PRJ-32. *Horas semanais*: 3-0-0-4. Introdução à tecnologia de foguetes: missões de sondagem; foguetes de sondagem nacionais e estrangeiros; componentes de foguetes de sondagem. Fundamentos: noções de engenharia de foguetes; equação de Tsiolkowsky; foguete monoestágio; foguete multiestágio; repartição de massas. Propulsão: motor foguete ideal; motor foguete real; parâmetros propulsivos; tubeiras; propelentes sólidos e líquidos; motor foguete a propelente sólido; motor foguete a propelente líquido. Aerodinâmica: pressão dinâmica; número de Mach; forças, momentos e coeficientes aerodinâmicos. Dinâmica de vôo: sistemas de referências; trajetórias; equação do movimento em campo gravitacional homogêneo no vácuo; movimento em atmosfera; estabilidade aerodinâmica; separação de estágios. Estruturas: cargas estruturais; tipos de estruturas; métodos de análise estrutural; cargas térmicas; descrição dos componentes estruturais em foguetes. Desenvolvimento do foguete: sistemas, equipamentos e componentes embarcados; fases e atividades; confiabilidade; infraestrutura de fabricação, testes e lançamento. **Bibliografia**: PALMERIO, A.F. *Introdução à tecnologia de foguetes.* São José dos Campos: SindC&T, 2016. GRIFFIN, M.D.; FRENCH, J.R.

Space vehicle design. Reston: AIAA, 1991. (Education Series). WERTZ, J.R.; LARSON, W.J. (ed). *Space mission analysis and design.* Dordrecht: Kluwer Academic, 1991.

PRJ-70 - Fabricação em Material Compósito. *Requisito:* Não há. *Horas semanais:* 1-0-1-2. Noções básicas: fibras e matrizes. Processos: manual ("hand lay up"), vácuo, "prepreg", infusão, pultrusão, bobinagem, etc. Arquitetura de estruturas aeronáuticas; Materiais; Documentação de engenharia necessária; Garantia da qualidade; Moldes; Materiais de processo; Fabricação; Proteção. **Bibliografia**: BAKER, A.A.; DUTTON, E S.; KELLY, D. *Composite materials for aircraft structures.* 2. ed. Reston, VA: AIAA, 2004. (AIAA Education Series). REINHART, T. J. *et al*. *ASM engineered materials handbook:* composites. Metals Park, OH: ASM International, 1987. v. 1. MAZUMDAR, S.K. *Composites manufacturing:* materials, product, and process engineering. New York: CRC Press, 2001.

PRJ-72 - Desenvolvimento, Construção e Teste de Sistema Aeroespacial A (Nota 2 e 3). *Requisito:* Não há. *Horas semanais*: 0-0-3-2. O objetivo desta disciplina é o desenvolvimento das habilidades técnicas e interpessoais do aluno na participação de um projeto real de engenharia. Preferencialmente, o aluno deve ser membro de uma equipe de desenvolvimento. O professor responsável que supervisiona o trabalho deve estimular a iniciativa e a imaginação do aluno. Ao final da disciplina, um sistema aeroespacial deverá ter sido construído e testado.

PRJ-73 - Projeto Conceitual de Sistemas Aeroespaciais. *Requisito*: PRJ-02. *Horas semanais*: 3-0-2-4. Proposta de problema a ser resolvido com sistema espacial. Caracterização da missão. Seleção do conceito de missão. Geometria de órbita e constelações (número de satélites). Ambiente espacial. Definição das possíveis cargas úteis. Análise do potencial de tecnologias das cargas úteis. Dimensionamento e projeto dos satélites. Definição de requisitos para os subsistemas. Identificação do potencial para o fornecimento dos subsistemas. Arquitetura de comunicação. Operação da missão. Dimensionamento e projeto das estações terrenas. **Bibliografia**: LARSON, W.J.; WERTZ, J.R. *Space mission analysis and design.* 3rd ed. Dordrecht: Kluwer Academic, 1992. FORTESCUE, P; STARK, J.; SWINERD, G. (ed). *Spacecraft systems engineering*. New York: Wiley, 2003. 704p. BROWN, C. D. *Elements of spacecraft design*. Reston: AIAA, 2002.

PRJ-74 - Desenvolvimento, Construção e Teste de Sistema Aeroespacial B (Nota 2 e 3). *Requisito:* Não há. *Horas semanais*: 0-0-2-1. O objetivo desta disciplina é o desenvolvimento das habilidades técnicas e interpessoais do aluno na participação de um projeto real de engenharia. Preferencialmente, o aluno deve ser membro de uma equipe de desenvolvimento. O professor responsável que supervisiona o trabalho deve estimular a iniciativa e a imaginação do aluno. Ao final da disciplina, um sistema aeroespacial deverá ter sido construído e testado.

PRJ-75 - Projeto Avançado de Sistemas Aeroespaciais. *Requisito*: PRJ-72*. Horas semanais*: 3-0-2-4. Sistemas de coordenadas aplicáveis a veículos aeroespaciais. Equações de movimento de corpo rígido com 6 graus de liberdade. Dinâmica longitudinal. Aproximação de Curto Período. Aproximação de Longo Período. Controle de veículos aeroespaciais por atitude ou aceleração. Atuadores. Guiamento. Navegação Inercial. Simulação de voo em Matlab/Simulink. **Bibliografia**: BLAKELOCK, J.H. *Automatic control of aircrafts and missiles.* 2. ed. Hoboken: John Wiley, 2011. STEVENS, B.L.; LEWIS, F.L.; JOHNSON, E.N. *Aircraft control and simulation.* 3.ed. Hoboken: John Wiley, 2015.

PRJ-78 - Valores, Empreendedorismo e Liderança. *Requisito*: Não há. *Horas semanais*: 2-0-0-4. Parte I – Valores. Ética: Humanidade, Relações e Poder. Cidadania: História e Cultura, Direitos e Deveres e Justiça. Responsabilidade Social: Meio-ambiente, Psicologia e Religião. Parte II – Empreendedorismo. Pesquisa e Desenvolvimento: Requisitos, Certificação e Ciclo de Vida. Inovação: Gestão, Proteção do Conhecimento, Indústria e Serviços. Mercado: Economia, Capital e Trabalho, Emprego e Seguridade Social. Parte III – Liderança. Competência: Capacitação, *Foresight* e Qualidade. Imagem: Criatividade, Comunicação e Marketing. Política: Ideologia, Sociologia e Estratégia. **Bibliografia**: CARVALHO, J. M. *Cidadania no Brasil:* o longo caminho. 19ª ed. São Paulo: Civilização Brasileira, 2015. SILVA, O. *Cartas a um Jovem empreendedor.* São Paulo: Elsevier, 2006. GAUDENCIO, P. *Superdicas para se tornar um verdadeiro líder.* 2ª ed. São Paulo: Saraiva, 2009.

PRJ-81 - Evolução da Tecnologia Aeronáutica. *Requisito*: Não há. *Horas semanais*: 2-0-0-2. Evolução do voo dos animais. Linha do tempo da aviação e aeronáutica. Santos Dumont e suas aeronaves. A era dos dirigíveis. O Nascimento da aviação. A Primeira Guerra Mundial. A aviação no período entre guerras. A Segunda Guerra Mundial e a transformação do setor aeronáutico e de aviação. A era do transporte a jato. **Bibliografia**: LOFTIN JR., L. K. *Quest for performance: the evolution of modern aircraft*. Washington, DC: NASA, 1985. (NASA SP-468). ANDERSON JR., J. D. *The airplane:* a history of its technology. Reston: AIAA, 2002. ANGELUCCI, E. *The rand mcnally encyclopedia of military aircraft: 1914-1980.* New York: Crescent, 1988

PRJ-85 - Certificação Aeronáutica. *Requisito*: Não há. *Horas semanais*: 2-0-0-2. Organização do sistema internacional de homologação aeronáutica. Regulamentos de certificação e publicações acessórias. O processo de certificação. Etapas de certificação. Credenciamento e homologação de oficinas, companhias aéreas e aeronavegantes. Certificação de tipo de aeronaves, motores e equipamentos. Requisitos principais de vôo, estrutura, construção, propulsão e sistemas. Metodologia de comprovação do cumprimento de requisitos: especificações, descrições, análises, ensaios e inspeções. Aprovação de publicações de serviço e de garantia de aeronavegabilidade. **Bibliografia**: REGULAMENTOS brasileiros de homologação aeronáutica. Rio de Janeiro: ANAC, 2013. UNITED STATES. Department of Defense. *Federal airworthiness regulations: code of federal regulations*. Washington, DC: FAA, 2013.

PRJ-87 - Manutenção Aeronáutica. *Requisito*: Não há. *Horas semanais*: 2-0-0-2. Panorama da manutenção aeronáutica, objetivos, tipos básicos de manutenção. Conceitos de manutenção preventiva. As necessidades de manutenção dos aviões modernos e a programação de serviços associados. Características de falhas de componentes e manutenção não programada. Limites de operação do avião, limites de reparo, limites de serviço, limites de desgaste. Zoneamento de uma aeronave. Manuais e Literatura técnica de manutenção. Normalização dos manuais. Boletim de serviço. Normalização de materiais aeronáuticos. Catálogo ilustrado de peças. Manual de aeronaves. Manual de manutenção de componentes. Diagramas de fiação elétrica. Manual de registro e isolação de panes. Manual de reparos estruturais. Peso e balanceamento de aeronaves. Instalação de motores e sistemas, acompanhamento dos trabalhos de manutenção. Procedimentos técnicos, organização de um departamento de manutenção, registros de manutenção. Filosofia de uma organização de manutenção. Planejamento de manutenção. Técnicas modernas de planejamento e controle de produção. Regulamentação. Relações técnicas fabricantes-operadores. **Bibliografia**: UNITED STATES. Department of Defense. *Guide for achieving*

reliability, availability and maintainability: human factors in aviation maintenance. Washington, DC: FAA, 2005. KINNISON, H. *Aviation maintenance management.* 2nd Ed. New York: McGraw-Hill Professional, 2004.

~~**PRJ-90 – Fundamentos de Projeto de Helicópteros**. *Requisito*: Não há. *Horas semanais*: 2-0-2-2. Conceitos básicos. Configurações. Tipos de rotores e as articulações. Elementos de aerodinâmica, desempenho, qualidade de vôo, ruído, vibrações e ressonância solo. Características de construção de pá de rotor. Movimento elementar da pá: origem e interpretação física dos movimentos de batimento, *lead-lag* e *feathering*. **Bibliografia**: PROUTY, R.W. *Helicopter aerodynamics*. Peoria: Rotor & Wing International: PJS Publications, 1985. LEISHMAN, G. *Principles of helicopter aerodynamics*. 2. Ed. Cambridge: University Press, 2006. BRAMWELL, A.R.S. *Helicopter dynamics*. London: Edward Arnold, 1976.~~

PRJ-91 – Fundamentos de Projeto de Helicópteros e Aeronaves de Asas Rotativas. *Requisito*: não há. *Horas semanais*: 3-0-2-4. Conceitos básicos. Configurações. Tipos de rotores e as articulações. Elementos de aerodinâmica, desempenho, qualidade de vôo, ruído, vibrações e ressonância solo. Características de construção de pá de rotor. Movimento elementar de pá: origem e interpretação física dos movimentos de batimento, *lead-lag* e *feathering*. Equação de movimento do helicóptero com 6 graus de liberdade. Tecnologia de aeronaves VTOL, incluindo eVTOL. **Bibliografia**: PROUTY, R. W. *Helicopter Aerodynamics*. [S.l.]: Rotor & Wing International. PJS Publications Inc, 1985. LEISHMAN, G. *Principles of Helicopter Aerodynamics*. 2. Ed. Cambridge: University Press, 2006. GUNDLACH, J. *Designing Unmanned Aircraft Systems: A Comprehensive Approach*. Reston: American Institute of Aeronautics and Astronautics, 2012.

6.2.5 Departamento de Propulsão (IEA-C)

PRP-28 - Transferência de Calor e Termodinâmica Aplicada. *Requisito:* MEB-01. *Horas semanais:* 3-0-0-4. Termodinâmica e Propulsão, análise de ciclos ideais e não ideais. Introdução a máquinas térmicas. Termoquímica dos produtos de combustão: equilíbrio químico, cálculo da razão de mistura estequiométrica, entalpia total dos componentes e dos produtos de combustão, cálculo dos parâmetros termodinâmicos dos produtos de combustão. Introdução à Transferência de Calor: conceitos fundamentais e equações básicas. Condução: unidimensional em regime permanente e multidimensional em regimes permanente e não-permanente. Convecção: escoamento laminar no interior de dutos, escoamento laminar externo, escoamento turbulento, convecção natural. Radiação: relações básicas, troca de energia por radiação em meios transparentes. Trocadores de calor. **Bibliografia:** HILL, P.; PETERSON, C. *Mechanics and thermodynamics of propulsion.* 2nd ed. London: Pearson Education, 2009. TURNS, S.R. *An introduction to combustion:* concepts and applications. Boston, MA: McGraw-Hill, 2006. INCROPERA, F. P.; DEWITT, D. P. *Fundamentos de transferência de calor e de massa.* 7ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 2014.

PRP-30 – TROCADORES DE CALOR PARA APLICAÇÃO AERONÁUTICA. *Requisito: PRP-28 ou equivalente. Horas semanais:* 2-0-0-4. Classificação dos trocadores de calor. Métodos de análise: LMTD (média-logarítmica das diferenças de temperatura) e Efetividade-NTU. Trocadores de calor compactos: características e aplicações. Projeto e desempenho de trocadores de calor compactos para aplicação aeronáutica. **Bibliografia**: Incropera F.P., DeWitt, D.P., Bergman, T.L., Lavine, A.S, Fundamentos de Transferência de Calor e Massa,

7a. ed., LTC, 2014; Ranganayakulu, C., Seetharamu, K.N., *Compact heat exchangers – analysis, design and optimization using FEM and CFD approach*, 1a. ed., John Wiley & Sons, 2018; Zohuri, B., *Compact Heat Exchangers*, 1a. ed., Springer, 2017.

PRP-38 - Propulsão ~~Aeroespacial~~ Aeronática I. *Requisitos*: AED-01 e PRP-28. *Horas semanais:* 3-0-1-4. Conceitos básicos sobre propulsão. Motor a pistão aeronáutico; funcionamento, configurações e aplicações. Propulsão a hélice: terminologia, teoria e aplicações, análise dimensional, desempenho de hélice, modelo da teoria de momento linear, modelo da teoria elementar de pás, mapas de desempenho. Turbinas a gás como sistema propulsivo: configurações de motores, aplicações, componentes, eficiências e desempenho, modelo propulsivo, limite de operação do motor turbojato e motores sem elementos rotativos. Ramjet: funcionamento, empuxo, impulso específico. Introdução a motor foguete~~: parâmetros básicos relativos às balísticas interna e externa; objetivos dos vôos a motor foguete, propelentes e suas características termodinâmicas, distinção básica entre motores foguete a propelentes sólidos e líquidos~~. **Bibliografia:** HILL, P.; PETERSON, C. *Mechanics and thermodynamics of propulsion.* 2nd ed. London: Pearson Education, 2009. OATES, G.C. *Aircraft propulsion systems technology and design.* Reston: AIAA, 1989. SUTTON, G. P.; BIBLARZ, O. *Rocket propulsion elements.* 7ª ed. New York: Wiley Interscience, 2001.

PRP-39 - Motor-Foguete a Propelente Sólido. *Requisitos:* PRP-28, AED-01, PRP-38. *Horas semanais*: 3-0-1-4. Envelope de vôo de foguetes, tipos de motores e desempenho desses motores propulsionados a foguete. Impulso especifico e balística interna dos foguetes sólidos. Parâmetros e coeficientes propulsivos. Formas de grão propelente e curvas características: queima neutra, progressiva e regressiva. Projeto de tubeira e da câmara de combustão. Curvas de empuxo e pressão necessárias para atender o envelope de vôo. **Bibliografia**: SUTTON, G. P.; BIBLARZ, O. *Rocket propulsion elements.* 7ª ed. New York: Wiley Interscience, 2001. CORNELISSE, J. M. *et al. Rocket and spaceflight dynamics.* London: Pitman, 1979. HUMBLE, R.W.; HENRY, G.N.; LARSON, W.J. *Space propulsion analysis and design.* New York: McGraw Hill, 1995.

PRP-40 - Propulsão Aeronáutica II. *Requisitos:* PRP-28 e AED-01. *Horas semanais*: 3-0-0,5-4. Análise de desempenho dos motores e de seus componentes. Entradas de ar aeronáuticas. Desempenho de Turbinas a Gás: desempenho do motor no seu ponto de projeto, desempenho dos seus principais componentes (admissão, exaustão, entrada de ar, misturador e tubeira), desempenho do motor fora do seu ponto de projeto. Curvas de Desempenho. **Bibliografia:** COHEN, H. ROGERS, G.F.C.; SARAVANAMUTTOO, H.I.H.; STRAZNICKY, P.V. *Gas turbine theory.* 6th ed. Harlow: Prentice Hall, 2009. ~~HILL, P.; PETERSON, C. *Mechanics and thermodynamics of propulsion.* 2nd ed. Upper Saddle River: Pearson Education, 2009.~~ OATES, G.C. *Aircraft propulsion systems technology and design.* Washington, DC: AIAA, 1989. WALSH, P.P.; FLETCHER, P. *Gas Turbine Performance*, 2nd ed. Wiley-Blackwell, 2004.

PRP-41 - Motor-Foguete a Propelente Líquido. *Requisitos:* PRP-28, AED-01, PRP-38. *Horas semanais*: 3-0-1-4. Propelentes líquidos: propriedades dos propelentes; componentes oxidantes, componentes combustíveis e monopropelentes líquidos. Turbobombas (rotores e indutores): configurações, parâmetros de desempenho (NPSH, velocidade de topo, coeficiente de fluxo do indutor, NSS, coeficiente de altura manométrica, Ns, rotação especifica), cavitação, otimização. Componentes do motor-foguete a propelente líquido: câmaras de empuxo, injeção, distribuição das regiões de mistura, e geradores de gás.

Barreiras térmicas (tipos, função, propriedades. Instabilidades de combustão em câmaras de motor foguete. **Bibliografia**: SUTTON, G.P.; BIBLARZ, O. *Rocket propulsion elements.* 7ª ed. New York: Wiley Interscience, 2001. HUMBLE, R.W.; HENRY, G.N.; LARSON W. J. (ed). *Space propulsion analysis and design.* New York: McGraw Hill, 1995. HUZEL, D.K.; HUANG, D.H. *Modern engineering for design of liquid propellant rocket engines.* Reston: AIAA, 1992.

PRP 42 - Tópicos Práticos em Propulsão Aeronáutica. *Requisito*: PRP 38. *Horas semanais*: 2-1-0-2. Relação entre configurações dos motores e oportunidades de mercado. Determinação da configuração básica de um motor para atender o envelope de voo de uma aeronave. Simulação de diferentes arquiteturas de motores para o melhor desempenho do casamento motor / aeronave. Projeto integrado motor / aeronave. Avaliação do custo de manutenção para escolha do motor. EHM – *Engine Health Monitoring*. Integração aerodinâmica motor / aeronave. Determinação de tração em voo. Novos conceitos propulsivos. **Bibliografia:** OATES, G.C, *Aircraft propulsion systems technology and design.* Reston: AIAA, 1989. RIBEIRO, R.F.G. *A comparative study of turbofan engines bypass ratio*. 2013. Dissertação. (Mestrado Profissional em Engenharia Aeronáutica e Mecânica) - ITA, São José dos Campos, 2013. SENNA, J.C.S.M. *Desenvolvimento de metodologia para geração e manipulação de dados de motores genéricos para estudos conceituais de aeronaves.* 2012. Dissertação. (Mestrado Profissional em Engenharia Aeronáutica e Mecânica) - ITA, São José dos Campos, 2012.

PRP-47 - Projeto de Motor Foguete Híbrido. *Requisito*: PRP-38. *Horas Semanais*: 3-1-0-3. Componentes de motor foguete híbrido. Combustíveis sólidos, taxa de regressão, pirólise, combustíveis de alto desempenho. Injetores. Análise da queima, eficiência de combustão. Projeto de motor foguete híbrido, efeitos de escala. Instabilidades de combustão. **Bibliografia**: SUTTON, G. P.; BIBLARZ, O. *Rocket propulsion elements*. 8th ed. New York: Wiley, 2010. CHIAVERINI, M., KUO, K. *Fundamentals of hybrid rocket combustion and propulsion.* Reston: AIAA, 2007. (Progress in Astronautics and Aeronautics). HUMBLE, R. W.; HENRY, G. N.; LARSON, W. J. *Space propulsion analysis and design*. New York: McGraw-Hill, 1995. v.1.

PRP-50 - Emissões Atmosféricas de Poluentes e Influência do Setor Aeronáutico. *Requisito*: Não há. *Horas Semanais*: 2-0-0-2. Posicionamento da contribuição do setor aeronáutico nas emissões atmosféricas de poluentes. Formação dos principais poluentes (CO (monóxido de carbono), NO_x (óxidos de nitrogênio), UHC (hidrocarbonetos não queimados), fuligem e CO_2 (dióxido de carbono)). Tecnologias atuais e futuras para controle das emissões. Índice de emissões de diversos motores aeronáuticos. Técnicas para medição dos poluentes. Regulamentação dos índices restritivos. **Bibliografia:** CARVALHO JR., J. A.; LACAVA, P. T. *Emissões em processos de combustão*. São Paulo: UNESP, 2003. *ICAO aircraft engine emissions databank.* London: Civil Aviation Authority, 2005. BORMAN, G. L.; RAGLAND, K. W., *Combustion engineering.* Boston: McGraw-Hill, 1998.

6.2.6 Departamento de Sistemas Aeroespaciais (IEA-S)

SIS-02 - Gestão de Projetos. *Requisito:* Não há. *Horas semanais:* 2-1-0-5. Ciência, Tecnologia e Inovação. Políticas e estratégias de CT&I. Organização da CT&I no País, no Ministério da Defesa e no Comando da Aeronáutica. Ciclo de vida de materiais e de sistemas aeroespaciais. Padrões de desenvolvimento tecnológico e de certificação aeroespacial.

Objetivos, programas, projetos e atividades. Tecnologias críticas, recursos humanos, recursos financeiros e infra-estrutura. Processo de gerenciamento de projetos. Recomendações do PMBOK e de modelos similares. O fator humano na gerência de projetos. Critérios econômicos de avaliação de projetos de inovação tecnológica. Estudo de casos de interesse do Poder Aeroespacial. **Bibliografia**: BRASIL. Ministério da Defesa. Ministério de Ciência e Tecnologia. *Concepção Estratégica:* ciência, tecnologia e inovação de interesse da defesa nacional. Brasília, DF: MD/MCT, 2003. BRASIL. Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica. *Logistica*: ciclo de vida de sistemas e materiais da aeronáutica. Brasília, DF: COMAER, 2007. (DCA 400-6). PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. *A guide to the project management body of knowledge (PMBOK® Guide).* 3rd ed. Newtown Square: PMI, 2004.

SIS-04 - Engenharia de Sistemas. *Requisito:* Não há. *Horas semanais*: 2-0-1-3. Conceitos básicos: sistema, engenharia de sistemas, requisitos, funções, contexto, estrutura, comportamento. Arquitetura de sistemas: arquitetura funcional e arquitetura física. Noções de modelagem. Organização de projetos. O processo de engenharia de sistemas: análise de missão, análise das partes interessadas, engenharia de requisitos, análise funcional, análise de perigos, projeto de arquitetura, projeto detalhado. Noções de verificação e validação. Noções de controle de configuração. **Bibliografia**: EUROPEAN SPACE AGENCY. *EUROPEAN COOPERATION ON SPACE STANDARDIZATION.* Noordvijk: ECSS Publications: ESA Publications Division, 1996. LARSSON, W. *et al*. *Applied space systems engineering.* New York: McGrawHill, 2009. NASA., *Systems engineering handbook.* Houston: NASA, 1996. (SP6105).

SIS-06 - Confiabilidade de Sistemas. *Requisito*: MOQ-13. *Horas semanais*: 2-1-0-3. Confiabilidade: conceito de confiabilidade e parâmetros da confiabilidade. Modelagem da confiabilidade. Funções de confiabilidade e de taxa de falha para itens reparáveis e não reparáveis. A função taxa instantânea de falha. Confiabilidade de itens não reparáveis. Funções de distribuição usadas em confiabilidade. Métodos paramétricos e não paramétricos para seleção de modelo de confiabilidade de componente. Adequabilidade da função de distribuição com teste *Goodness-of-fit*. Ensaios de vida. Confiabilidade de sistemas. Diagrama de blocos para sistemas em série, paralelo ativo e redundância k-dentre-n-bons. Sistemas complexos. Conjuntos de trajetórias e cortes minimais. Método da árvore de falhas e árvore de sucessos. Análise dos efeitos de modos de falhas (FMEA). Testes de confiabilidade. Análise de risco por FMEA. Análise de circuitos ocultos ou furtivos. Previsão de mantenabilidade. **Bibliografia**: BILLINTON, R.; ALLAN, R.N. *Reliability evaluation of engineering systems*. London: Pitman, 1983. O'CONNOR, P.D.T. *Practical reliability engineering.* 2nd ed. New York: John Wiley, 1985. ANDERSON, R.T. *Reliability design handbook.* Griffiss Air Force Base, NY: RADC, Department of Defense, New York, 1976.

SIS-08 - Verificação e Qualidade de Sistemas Aeroespaciais. *Requisito*: SIS-04. *Horas semanais*: 2-0-0-3, Etapas de sistemas espaciais. Garantia do Produto e da Qualidade. O processo global da Verificação. Plano de Verificação: as estratégias da Verificação para cada categoria de requisito. A filosofia de modelos. As ferramentas para o processo de Verificação. A documentação, o controle e a organização do processo de Verificação. O planejamento dos testes, das revisões de projeto, das análises e das inspeções. Sequência das atividades de Montagem, Integração e Teste de Satélites (AIT). Testes ambientais. Métodos e equipamentos de suporte ao AIT. Plano de AIT. O planejamento das atividades de AIT. As instalações de testes. Testes para Campanha de Lançamento. Manutenção de Sistemas Aeroespaciais. Estudo de Casos. **Bibliografia**: NASA. *Systems engineering handbook.* rev2. Washington, D.C.: NASA, 2017. EUROPEAN COOPERATION ON SPACE STANDARDIZATION. *ECSS-E-ST-10-02C.* Rev.1: Space Engineering: Verification. Noordvijk: ESA-ESTEC, 2018. UNITED STATES.

Department of Defense. *DoD guide for achieving reliability, availability, and maintainability. Washington, DC: DoD,* 2005.

SIS-10 - Análise da Segurança de Sistemas Aeronáuticos e Espaciais. *Requisito:* Não há*. Horas semanais:* 2-0-1-3. Introdução ao STAMP (*Systems-Theoretic Accident Model and Processes*) como modelo de causalidades de acidentes baseado em teoria de sistemas. Introdução ao STPA (*Systems-Theoretic Process Analysis*) e ao STPA-Sec (foco em segurança cibernética) como técnica de análise de perigos e ameaças baseada no STAMP. Avaliação do papel do ser-humano integrado na estrutura de controle de segurança de sistemas (*human-in-the-loop*). Aplicação do STPA/STPA-Sec (*hands-on*) para a: Identificação dos acidentes e perigos/ameaças em nível conceitual. Elaboração da estrutura de controle de segurança do sistema aeronáutico/espacial. Captura das ações de controle e feedbacks entre as entidades da estrutura de controle. Análise das ações de controle e seus contextos e, as condições que as tornam inseguras. Captura das restrições e requisitos de segurança que serão impostas às ações de controle inseguras. Identificação e análise do modelo do processo do controlador (modelo mental para o ser humano). Análise e identificação dos cenários causais que levam às perdas e aos acidentes. Captura das restrições e requisitos de segurança por cenários. Rastreabilidade dos cenários aos acidentes e perigos/ameaças identificados conceitualmente. Elaboração do relatório contendo as respostas e as oportunidades quanto aos perigos/ameaças à segurança*.* **Bibliografia**: LEVESON, N. *Engineering a safer world*: systems thinking applied to safety. Cambridge: MIT Press, 2012. LEVESON, N; THOMAS, J. *STPA Handbook*. Cambridge: MIT, 2018. FULINDI, J. B. *Integration of a systemic hazard analysis into a systems engineering approach*. 2017. Tese (Doutorado em Sistemas Espaciais, Ensaios e Lançamentos) – ITA, São José dos Campos, 2017.

SIS-20 - SISTEMAS DE SOLO. *Requisitos*: ELE-16, ELE-27. *Horas semanais*: 2-0-1-3. Conceitos e aplicações estações de terra, Tecnologias empregadas em estações de terra de comunicação e controle, análise de link budget em enlace de comunicações com satélites, Tecnologias de Sistemas de Rádio Frequência empregados em estações de terra, Requisitos de manutenção de estações de terra, Tecnologias de análise e correção de falhas em comunicação de dados. O Centro de controle de satélites. Centro de lançamento de foguetes. **Bibliografia**: WERTZ, J.R.; PUSCHEL J.J.; EVERETT D.F. *Space mission engineering*: the new Smad. Cleveland: Microcosm Press, 2011. FORTESCUE, P.; STARK, J.; SWINERD G. *Spacecraft systems engineering.* 3rd ed. New York: Willey, 2003*.* ELBERT, B. *The satellite communication ground segment and earth station handbook.* 2.ed. Boston: Artech House Space Technology and Applications*,* 2014*.*

6.2.7 Disciplinas Adicionais do Curso de Engenharia Aeroespacial

ASE-10 - Sensores e Sistemas para Navegação e Guiamento. *Requisitos:* EES-51 e ASE-04*. Horas semanais:* 3-0-1-6. Sensores: Parametrização de atitude e cinemática. Estimação de atitude de corpo rígido. Equações de movimento de corpo rígido. Linearização das equações de movimento. Sensores inerciais de atitude, velocidade angular e força específica. Modelos de erros em sensores inerciais: giroscópios e acelerômetros. Sensores MEMS. Malhas de balanceamento em sensores. Navegação: Sistemas de coordenadas relevantes. Determinação de atitude e equações de navegação. Mecanização da navegação em plataforma estabilizada e solidária (strapdown). Análise da propagação dos erros e especificação inicial dos sensores. Alinhamento inicial no solo e em vôo. Navegação global por satélites: Navstar GPS. Rastreio de código e da portadora, erros e técnicas de correção.

Determinação de atitude com GPS. Fusão de navegação inercial com auxílios de barômetro, GPS e radar Doppler. **Bibliografia**: MERHAV, S. *Aerospace sensor systems and applications*. Berlin: Springer-Verlag, 1996. LAWRENCE, A. *Modern inertial technology:* navigation, guidance, and control. 2nd ed. Berlin: Springer Verlag, 1998. FARRELL, J. A.; BARTH, M. *The Global positioning system and inertial navigation*. New York: McGraw-Hill, 1999.

ASP-04 - Integração e Testes de Veículos Espaciais. *Requisito*: SYS-04. *Horas semanais*: 2-0-0-3. Etapas de Desenvolvimento de um Satélite. Sequência das atividades de Montagem, Integração e este de Satélites (AIT). Simulação e Testes ambientais. Testes para Campanha de Lançamento. Métodos e equipamentos de suporte elétrico para a AIT Elétrica. Métodos e equipamentos de suporte mecânico para a AIT Mecânica. Plano de AIT. Plano de Verificação: as estratégias da Verificação para cada categoria de requisito. O processo global da Verificação. A filosofia de modelos. A matriz de hardware. O planejamento dos testes, das revisões de projeto, das análises e das inspeções. O planejamento das atividades de AIT. As instalações de testes. As ferramentas para o processo de Verificação. A documentação, o controle e a organização do processo de Verificação. Projeto de SCOEs (Equipamento Específico para Check-out) e OCOEs (Equipamento Geral para Check-out). Estudo de Casos. Projeto de curso. **Bibliografia**: WERTZ, J.R., WILEY, J.L. *Space mission analysis and design.* Dordrecht: Kluwer, 1999. PISICANE, V. L.; MOORE, R.C. *Fundamentals of space systems.* New York: Oxford University Press, 1994; ECSS, ECSS-E-ST-10-02C Rev.1 – Space Engineering – Verification, ESA-ESTEC, 2018.

ASP-06 - Ambiente Espacial. *Requisito*: Não há. *Horas semanais*: 2-0-0-3. Contrastes entre o ambiente terrestre e o ambiente espacial. O campo magnético solar. Vento solar. Atividade Solar: emissões de prótons, elétrons, raios-X e íons. Sazonalidade da atividade solar. Tempestades solares. O campo magnético terrestre (Geomagnetismo). A atmosfera terrestre. Interação entre o campo magnético terrestre e o solar. Radiação eletromagnética e de partículas nas imediações da Terra. Albedo terrestre. Radiação de Prótons e elétrons. Cinturões de Radiação. Plasma ionosférico. Bolhas ionosféricas. Radiação cósmica. Tempestades Magnéticas (seus efeitos sobre satélites). Detritos espaciais e micro-meteoritos. Ambiente no espaço intra-galáctico (*deep space*). Ambiente em outros planetas: Mercúrio, Vênus e Marte. Efeitos da radiação sobre seres vivos. Efeitos da radiação sobre partes e materiais. A especificação de missões espaciais e o ambiente espacial. Segurança de plataformas orbitais, cargas úteis e astronautas. Descrição do ambiente espacial para missões LEO, GEO e DS (*deep space*). **Bibliografia**: GARRETT, H.B., PIKE, C.P. *Space systems and their interactions with earth's space.* New York: AIAA, 1980. WERTZ, J. R.; WILEY, J. L. *Space mission analysis and design.* Dordrecht: Kluwer, 1999. TASCIONE, T. *Introduction to the space environment.* 2nd ed. Melbourne: Krieger, 1994.

ASP-17 - Projeto Sistemas Aeroespaciais: Integração e Testes. *Requisito*: Não há. *Horas semanais*: 0-0-1-2. Modelos de qualificação. Modelos de voo. Técnicas de montagem. Estratégia de integração e testes. Planos de integração e testes. Casos de teste. Procedimentos de integração e testes. MGSE. EGSE. Infraestrutura. Ensaios aerodinâmicos. Ensaios estruturais. Ensaios térmicos. Ensaios de EMI/EMC. Qualificação de subsistemas. Qualificação de sistema. Revisão de aceitação. **Bibliografia**: SILVA JUNIOR, Adalberto Coelho. *Projeto para montagem, integração e testes*. 2011. Tese (Doutorado em Engenharia Aeronáutica e Mecânica) – ITA, São José dos Campos, 2011.

ASP-18 - Projeto de Veículos e Plataformas Orbitais: Lançamento e Operação. *Requisito*: Não há. *Horas semanais*: 1-0-3-2. Preparação para o lançamento. Preparação do

veiculo lançador. Integração carga util veiculo. Lançamento. Verificações pre operacionais. Procedimento de operação. Operação. **Bibliografia**: INSTITUTO DE AERONÁUTICA E ESPAÇO. *Procedimentos de preparação para lançamento.* São José dos Campos: IAE, 2011. (Relatório). INSTITUTO DE PESQUISAS ESPACIAIS. *Procedimento para operação de cargas úteis espaciais*. São José dos Campos: INPE, 2011. EUROPEAN SPACE AGENCY. *European cooperation on space standardization.* Noordvijk: ECSS Publications: ESA Publications Division, 1996. ARPASI, D. J.; BLENCH, R. A. *Applications and requirements for real-time simulators in ground-test facilities*. Washington, D.C: NASA, 1986. (NASA TP 2672).

ASP-29 - Sinais Aleatórios e Sistemas Dinâmicos. *Requisito:* MVO 20. Recomendados: MAT-12, MAT-22, MAT-27, MAT-32. *Horas semanais:* 3-0-1-6. Introdução à análise de sinais e sistemas. Classificação de sinais e sistemas e principais propriedades. Sistemas dinâmicos lineares invariantes no tempo, contínuos e discretos. Séries contínuas e discretas de Fourier. Transformadas de Fourier. Caracterização de sinais na frequência e no tempo. Amostragem de sinais. Resposta de sistemas no espaço de estados. Métodos de resposta em frequência. Variáveis aleatórias. Processos estocásticos de tempo contínuo e discreto: definição e caracterização estatística. Processos estocásticos estacionários; caracterização espectral de processos estacionários; processos ergódigos. Sistemas lineares com excitação aleatória: funções de auto-correlação e de correlação cruzada; função densidade espectral de potência; funções de resposta em frequência. **Bibliografia**: OPPENHEIM, A.V.; WILLSKY, A.S.; WITH NAWAB, S. H. *Signals and systems.* 2nd ed. Englewood Cliff: Prentice-Hall, 1997. (Signal processing series). PAPOULIS, A.; PILLAI, S. U. *Probability, random variables and stochastic processes*. 4th ed. New York: McGraw Hill, 2002. MILLER, S. L.; CHILDERS, D. *Probability and random processes:* with applications to signal processing and communications. 2nd ed. Amsterdam: Elsevier, 2012.

ASP-60 - Sensores e Sistemas para Navegação e Guiamento. *Requisitos:* EES-20, EES-49 ou MVO-20, e EET-41 ou ASE-04*. Horas semanais:* 3-0-1-6. Sensores inerciais de atitude, velocidade angular e força específica. Modelos de erros em sensores inerciais: giroscópios, girômetros e acelerômetros. Sensores MEMS. Malhas de balanceamento em sensores. Navegação: Sistemas de coordenadas relevantes. Determinação de atitude e equações de navegação. Mecanização da navegação em plataforma estabilizada e solidária (strapdown). Análise da propagação dos erros e especificação inicial dos sensores. Alinhamento inicial no solo. Navegação global por satélites: Navstar GPS. Observabilidade de sistemas lineares invariantes no tempo. Variáveis aleatórias, processos estocásticos estacionários, ergodicidade e simulação de Monte Carlo. Filtro de Kalman e aplicações. **Bibliografia**: MERHAV, S. *Aerospace sensor systems and applications.* Berlin: Springer-Verlag, 1996. LAWRENCE, A. *Modern inertial technology:* navigation, guidance, and control. 2nd ed. Berlin: Springer Verlag, 1998. FARRELL, J. A.; BARTH, M. *The Global positioning system and inertial navigation.* New York: McGraw-Hill, 1999.

3.7 Curso de Engenharia Aeroespacial

LEGISLAÇÃO

Decreto nº 27.695, de 16 de janeiro de 1950

Lei nº 2.165, de 05 de janeiro de 1954

Portaria no 52/GC3, de 1º. de Fevereiro de 2010, Ministério da Defesa

D.O.U. 02/02/10. Seção 1, Página 11.

CURRÍCULO APROVADO

Sujeito à aprovação da Coordenação do Curso de Engenharia Aeroespacial, o aluno deve escolher entre *Opção A* e *Opção B*, que diferem quanto à carga de Eletivas e de Estágio Curricular Supervisionado. Esta escolha poderá ser feita até o início penúltimo Período do curso.

1º Ano Profissional – 1º Período - Classe ~~2023~~ 2024		
AED-01	**Mecânica dos Fluidos**	**4 – 0 – 2 – 6**
EST-15	**Estruturas Aeroespaciais I**	**4 – 0 – 1 – 5**
PRP-28	**Transferência de Calor e Termodinâmica Aplicada**	**3 – 0 – 0 – 4**
PRJ-32	**Projeto e Construção de Sistemas Aeroespaciais**	**1 – 0 – 3 – 3**
SIS-04	**Engenharia de Sistemas**	**2 – 1 – 0 – 3**
HUM-20	**Noções de Direito**	**3 – 0 – 0 – 3**
IEA-01	**Colóquios em Engenharia Aeronáutica e Aeroespacial (Notas 8 e 13)**	**1 – 0 – 0 – 0**
		18 + 1 + 6 = 25

1º Ano Profissional – 2º Período – Classe ~~2023~~ 2024		
AED-11	**Aerodinâmica Básica**	**3 – 0 – 2 – 6**
EST-25	**Estruturas Aeroespaciais II**	**4 – 0 – 1 – 5**
MVO-20	**Controle I**	**3 – 0 – 1 – 5**
PRP-38	**Propulsão Aeroespacial**	**3 – 0 – 1 – 4**
ELE-16	**Eletrônica Aplicada**	**2 – 0 – 1 – 3**
SIS-02	**Gestão de Projetos**	**2 – 1 – 0 – 5**
		17 + 1 + 6 = 24

2º Ano Profissional – 1º Período - Classe ~~2022~~ 2023		
ELE-27	**Eletrônica para Aplicações Aeroespaciais**	**3 – 0 – 2 – 3**
MVO-41	**Mecânica Orbital**	**3 – 0 – 0 – 5**
MTM-35	**Engenharia de Materiais**	**4 – 0 – 2 – 3**
SIS-08	**Verificação e Qualidade de Sistemas Aeroespaciais**	**2 – 1 – 0 – 3**
ASP-29	**Sinais Aleatórios e Sistemas Dinâmicos**	**3 – 0 – 1 – 6**
		15 – 1 – 5 – 20
Além destas disciplinas, cursar obrigatoriamente uma das disciplinas abaixo:		
MVO-22	**Controle II**	**2 – 0 – 1 – 6**
		18 + 1 + 6 = 24
PRP-39	**Motor Foguete a Propelente Sólido**	**3 – 0 – 1 – 4**
		18 + 1 + 6 = 25
AED-27	**Aerodinâmica Supersônica**	**2 – 2 – 0 – 3**
		17 + 3 + 5 = 25

2º Ano Profissional – 2º Período - Classe ~~2022~~ 2023		
PRJ-73	**Projeto Conceitual de Sistemas Aeroespaciais**	**3 – 0 – 2 – 4**
MVO-52	**Dinâmica e Controle de Veículos Espaciais**	**3 – 0 – 0 – 6**
HID-63	**Meio Ambiente e Sustentabilidade no Setor Aeroespacial**	**3 – 0 – 0 – 3**
GED-72	**Princípios de Economia**	**3 – 0 – 0 – 4**
SIS-20	**Sistemas de Solo**	**2 – 1 – 0 – 3**
EST-57	**Dinâmica de Estruturas Aeroespaciais e Aeroelasticidade**	**3 – 0 – 1 – 5**
		17 + 1 + 3 = 21
Além destas disciplinas, cursar obrigatoriamente uma das disciplinas abaixo:		
ASP-60	**Sensores e Sistema para Navegação e Guiamento**	**3 – 0 – 1 – 6**
		20 + 1 + 4 = 25
PRP-41	**Motor Foguete a Propelente Líquido**	**3 – 0 – 1 – 4**
		20 + 1 + 4= 25

3º Ano Profissional – 1º Período - Classe ~~2021~~ 2022		
TG-1	**Trabalho de Graduação 1 (Nota 5)**	**0 – 0 – 8 – 4**
PRJ-75	**Projeto Avançado de Sistemas Aeroespaciais**	**3 – 0 – 2 – 4**
GED-61	**Administração em Engenharia**	**3 – 0 – 0 – 4**
		6 + 0 + 10 = 16
Além destas disciplinas, cursar obrigatoriamente uma das disciplinas abaixo:		
MVO-53	**Simulação e Controle de Veículos Espaciais**	**3 – 0 – 0 – 6**
		9+ 0 + 10 = 19
PRP-39	**Motor Foguete a Propelente Sólido**	**3 – 0 – 1 – 4**
		9+ 0 + 11 = 20
MVO-22	**Controle II**	**2 – 0 – 1 – 6**
		8 + 0 + 11 = 19
AED-27	**Aerodinâmica Supersônica**	**2 – 2 – 0 – 3**
		8 + 2 + 10 = 20

3º Ano Profissional – 2º Período - Classe ~~2021~~ 2022		
TG-2	**Trabalho de Graduação 2 (Nota 5)**	**0 – 0 – 8 – 4**

Eletivas

A matrícula em eletivas está condicionada ao aluno haver cursado os pré-requisitos da disciplina, à disponibilidade de vagas, e à aprovação do professor responsável e da Coordenação do Curso. Essas disciplinas podem ser de graduação (dos Cursos Fundamental e Profissionais) e/ou de pós-graduação do ITA.

Opção A: o aluno deverá cursar com aproveitamento um mínimo de **272 horas-aula** de eletivas, integralizadas a partir do 1º ano do Fundamental. Deste total **96 horas-aula de disciplinas eletivas** deverão ser cursadas ao longo do ***3º Ano Profissional***.

Opção B: o aluno deverá cursar com aproveitamento um mínimo de **128 horas-aula** de eletivas, integralizadas a partir do 1º ano do Fundamental. Deste total **48 horas-aula de disciplinas eletivas** deverão ser cursadas ao longo do ***3º Ano Profissional***.

Observação: o total de horas-aula de eletivas inclui aquelas que foram previstas no Currículo do Curso Fundamental.

Estágio Curricular Supervisionado

- **Opção A:** o aluno deverá realizar um mínimo de **160 horas** de Estágio Curricular Supervisionado, ~~de acordo com as normas reguladoras próprias . integralizadas a partir do fim do 2º ano Profissional ou durante suspensão de matrícula~~. *Este estágio somente poderá ser iniciado a partir do término do 1º Ano Profissional* podendo ser realizado durante suspensão de matrícula desde que de acordo com as normas reguladoras próprias~~.~~

- **Opção B:** o aluno deverá realizar um mínimo de **300 horas** de Estágio Curricular Supervisionado ~~de acordo com as normas reguladoras próprias. integralizadas a partir do fim do 2º ano Profissional ou durante suspensão de matrícula.~~ *Este estágio somente poderá ser iniciado a partir do término do 1º Ano Profissional* podendo ser realizado durante suspensão de matrícula desde que de acordo com as normas reguladoras próprias.

Atividades Complementares

O aluno deverá comprovar um mínimo de **200 horas** de Atividades Complementares, de acordo com as normas reguladoras próprias, integralizadas a partir do primeiro período do 1º ano do Fundamental.
As atividades complementares deverão ser contabilizadas até o último semestre do Curso Profissional, conforme data prevista no calendário escolar/administrativo do ITA para entrega de requerimento pelo aluno.

DISCIPLINAS ELETIVAS - IEA

AED-34 - Aerodinâmica Aplicada a Projeto de Aeronave (3-0-1-6)
ASP-04 - Integração e Testes de Veículos Espaciais (2-0-0-3)
EST-35 - Projeto de Estruturas Aeroespaciais (1-2-0-3)
MVO-50 - Técnicas de Ensaios em Vôo (2-0-1-2)
MVO-65 - Desempenho e Operação de Aeronaves (3-0-0-6)
MVO-66 - Ensaio de Aeronaves Remotamente Operadas (1-0-2-6)
PRJ-34 - Engenharia de Veículos Espaciais (3-0-0-4)
PRJ-70 - Fabricação em Material Compósito (1-0-1-2)
PRJ-72 - Desenvolvimento, Construção e Teste de Sistema Aeroespacial A (0-0-3-2)
PRJ-74 - Desenvolvimento, Construção e Teste de Sistema Aeroespacial B (0-0-2-1)
PRJ-78 - Valores, Empreendedorismo e Liderança (2-0-0-4)
PRJ-81 – Evolução da Tecnologia Aeronáutica (2-0-0-2)
PRJ-85 - Certificação Aeronáutica (2-0-0-2)
PRJ-87 - Manutenção Aeronáutica (2-0-0-2)
PRJ-90 - Fundamentos de Projeto de Helicópteros. (2-0-2-2)
PRP-42 - Tópicos Práticos em Propulsão Aeronáutica (2-1-0-2)
PRP-47 - Projeto de Motor Foguete Híbrido (3-1-0-3)
PRP-50 - Emissões Atmosféricas de Poluentes e Influência do Setor Aeronáutico (2-0-0-2)
SIS-10 – Análise da Segurança de Sistemas Aeronáuticos e Espaciais (2-0-1-3)

6. EMENTAS DAS DISCIPLINAS

6.2 Divisão de Engenharia Aeronáutica e Aeroespacial (IEA)

IEA-61 – COLÓQUIOS EM ENGENHARIA AERONÁUTICA E AEROESPACIAL. *Requisito*: Não há. *Horas semanais*: 1-0-0-0. Palestras técnicas de professores e convidados em temas de interesse da Engenharia Aeronáutica e Aeroespacial. Debates sobre oportunidades de intercâmbio, iniciação científica e pós-graduação. Apresentação de currículo, da estrutura e da coordenação do curso. Boas práticas de trabalhos em grupo e de comunicação técnica. **Bibliografia**: Não há.

6.2.1 Departamento de Aerodinâmica (IEA-A)

AED-01 - Mecânica dos Fluidos. *Requisito*: não há. *Horas semanais:* 4-0-2-6. Introdução: conceito de fluido, noção de contínuo. Cinemática do escoamento. Equações fundamentais da mecânica dos fluidos nas formas integral e diferencial. Conceito de perda de carga e suas aplicações: Projeto conceitual de um túnel de vento. Análise de similaridade. Camada limite incompressível laminar: equações de Prandtl, solução de Blasius, separação. Camada limite compressível laminar: efeitos do número de Prandtl, aquecimento aerodinâmico, fator de recuperação e analogia de Reynolds. Transição do regime laminar para o turbulento. Camada limite incompressível turbulenta; equações médias de Reynolds: conceito do comprimento de mistura. Introdução ao escoamento compressível: ondas de som, número de Mach, estado de estagnação local. Escoamento subsônico, transônico, supersônico e hipersônico. Ondas de choque e expansão de Prandtl-Meyer. Escoamento unidimensional isentrópico. Túneis de vento. Técnicas para medida de grandezas básicas: pressão, vazão, velocidade e temperatura. Técnicas de visualização de escoamentos. **Bibliografia**: White, F.M., *Fluid Mechanics*, 7th ed., McGraw-Hill, New York, 2011; Anderson, J.D., Jr., *Fundamentals of Aerodynamics*, 5th ed., McGraw-Hill, New York, 2010; White, F.M., *Viscous fluid flow*, McGraw-Hill, 3rd ed., USA, 2005.

AED-11 - Aerodinâmica Básica. *Requisito:* AED-01. *Horas semanais:* 3-0-2-6. Aerodinâmica aplicada a aviões e foguetes. Aerodinâmica do perfil em regime incompressível. Escoamento potencial incompressível: Potencial de velocidades. Teoria do perfil fino. Curvas características de aerofólios: influência da espessura, do arqueamento, dispositivos hipersustentadores. Asa finita em regime incompressível: Teoria da linha sustentadora. Curvas características de asas: influência da forma em planta, torção e superfícies de comando. Teoria subsônica de corpos esbeltos, aplicada a lançadores e mísseis. Aeronaves: interferência aerodinâmica. Escoamento compressível. Equação potencial completa. Teoria das pequenas perturbações: Transformações de Prandtl-Glauert. Variação dos coeficientes aerodinâmicos com o número de Mach: conceitos de Mach crítico e de divergência. Técnicas experimentais: análise de um instrumento genérico. Medidas óticas em aerodinâmica: PSP, LDV e PIV. **Bibliografia**: Anderson, J.D., Jr., *Fundamentals of aerodynamics*, 5th ed., McGraw-Hill, New York, 2010; Schlichting, H., Truckenbrodt, E., *Aerodynamics of the airplane*, McGraw-Hill, New York, 1979; Doebelin, E.O., *Measurement systems - application and design,* 5th ed., McGraw-Hill International Editions, Mechanical Engineering Series, 2003.

AED-25 - Aerodinâmica Computacional. *Requisito:* AED-11. *Horas semanais:* 1-2-0-3. Métodos numéricos para escoamentos potenciais em regime incompressível: método dos painéis, *vortex-lattice*. Correção de camada limite. Previsão de transição para o regime turbulento. Problemas de análise e projeto de aerofólios e asas. Estudo de configurações completas de aeronaves de baixa velocidade. Correção de compressibilidade. Introdução a métodos numéricos para soluções de equações diferenciais. Métodos numéricos para escoamentos compressíveis e/ou viscosos: equação do potencial completo, Euler e Navier-Stokes com média de Reynolds. Modelos de turbulência. Aplicações para o escoamento em torno de perfis e asas nos regimes subsônico e transônico. Introdução à simulação direta e de grandes escalas em aerodinâmica. **Bibliografia**: Katz, J., Plotkin, A., *Low-speed aerodynamics*, Cambridge University Press, 2001. Anderson, J.D., *Modern compressible flow: with historical* perspective, 3rd ed., New York: McGraw-Hill, 2002. Anderson, J.D., *Computational fluid dynamics*, New York: McGraw-Hill, 1995.

AED-27 - Aerodinâmica Supersônica. *Requisito:* AED-11. *Horas semanais*: 2-2-0-3 Perfis, asas e fuselagens em regime supersônico. Teoria supersônica dos corpos esbeltos aplicada a lançadores e mísseis. Corpos axissimétricos: métodos potenciais e método choque-expansão. Equação do potencial linearizado no regime supersônico. Regras de similaridade. Sistemas asa-corpo-empenas. Interferência aerodinâmica. Coeficientes aerodinâmicos de foguetes. Arrasto de pressão e de fricção: solução de van Driest. Métodos de análise e de projeto. Introdução a métodos numéricos para soluções de equações diferenciais. Métodos numéricos para escoamentos compressíveis no regime supersônico. Regime hipersônico: Descrição física do escoamento. Teoria de Newton modificada. Independência do número de Mach. Aerotermodinâmica. **Bibliografia**: Anderson, J.D., *Modern compressible flow: with historical perspective*. New York: McGraw-Hill, 3rd ed., 2002; Moore, F.G., *Approximate methods for weapon aerodynamics*, AIAA, Reston, 2000; Schlichting, H., Truckenbrodt, E., *Aerodynamics of the airplane*, McGraw-Hill, New York, 1979.

AED-34 - Aerodinâmica Aplicada a Projeto de Aeronave. *Requisito:* não há. *Horas semanais:* 3-0-1-6. Componentes do arrasto e sua importância no desempenho de aeronaves. Elaboração de polar de arrasto: metodologias, interface com desempenho e polares obtidas de voo. Configurações aerodinâmicas: asa voadora, asa alongada, canard, três superfícies, winglet e novos conceitos. Hiper-sustentadores e controle de camada limite. Aerodinâmica de alto ângulo de ataque. Efeitos no desempenho devido à Integração aeronave-sistema propulsivo. Interferência aerodinâmica entre partes da aeronave. Corretivos: vortilons, barbatanas dorsais e ventrais, geradores de vórtice, stablets, provocadores de estol e fences. Aspectos da aerodinâmica supersônica e hipersônica. Derivadas dinâmicas de estabilidade. Aspectos adicionais relevantes no projeto: drag rise, drag creep, buffeting subsônico e transônico, características de estol, arrasto de trem de pouso, esteira de vórtice da asa, efeito solo e excrescências. Túnel de vento: tipos, instrumentação, planejamento de ensaios e correções para condição de voo. Ferramentas computacionais e semi-empíricas para cálculo aerodinâmico. **Bibliografia**: Stinton, D., *the Anatomy of the Airplane*, AIAA, 1998. Roskam, J., *Airplane design, parts I-VIII,* Roskam Aviation and Engineering Corporation, Ottowa, Kansas, 1985; Torenbeek, E., *Advanced Aircraft Design*, Wiley, 2013.

6.2.2 Departamento de Estruturas (IEA-E)

EST-10 - Mecânica dos Sólidos. *Requisito:* não há. *Horas semanais*: 3-0-0-5. Objetivos; histórico. Equilíbrio de corpos deformáveis; forças e momentos transmitidos por barras; diagramas de esforços internos. Estados de tensão e deformação num ponto: transformação de coordenadas; valores principais; diagrama de Mohr. Relações deformação-deslocamento. Equações constitutivas. Energia de deformação. Teoremas de Castigliano. Barras sob esforços axiais. Torção de barras circulares. Teoria de vigas de Euler-Bernoulli. Estruturas Hiperestáticas. Critérios de escoamento. **Bibliografia**: Gere, J.M.; Goodno, B.J., *Mechanics of Materials*, 6th ed., Belmont, CA: Thomson, 2004; Hibbeler, R.C., *Resistência dos materiais*. Rio de Janeiro: LTC, 2000; Crandall, S.H.; Dahl, N.C.; Lardner, T.J., An Introduction to the Mechanics of Solids, 2nd ed., New York: McGraw-Hill Inc., 1999.

EST-15 - Estruturas Aeroespaciais I. *Requisito:* EST-10. *Horas semanais*: 4-0-1-5. Princípios e objetivos da análise estrutural. Análise experimental de tensões e deformações: extensômetros elétricos de resistência. Princípios de trabalho e energia: trabalhos virtuais, energia potencial total, teoremas de reciprocidade, da carga unitária. Método de Rayleigh-Ritz. Teoria de placas de Kirchhoff: solução de Navier. Introdução ao método dos elementos finitos: formulação para barras e membrana. Flambagem elástica e inelástica de colunas e placas. Fadiga: histórico de problemas de fadiga e mecânica da fratura. Conceitos de projeto “Fail-safe”, “Safe-life” e Tolerante ao Dano. Curvas S-N. Tensão Média. Regra de Palmgren-Miner. Concentradores de tensão. Análise de juntas e fixações **Bibliografia**: Allen, D. H. e Haisler, W. E. *Introduction to aerospace structural analysis*, New York, John Wiley, 1985; Fish, J. e Belytschko, T. *Um primeiro curso em Elementos Finitos*, 1ª ed., Rio de Janeiro, LTC, 2009; Chajes, A., *Principles of structural stability theory,* Prentice-Hall, Englewood Cliffs, 1974.

EST-24 - Teoria de Estruturas. *Requisito*: EST-10. *Horas semanais*: 3-0-1-5. Princípios e objetivos da análise estrutural. Análise experimental de tensões e deformações: extensômetros elétricos de resistência e sistemas ópticos. Princípios de trabalho e energia: trabalhos virtuais, energia potencial total, teoremas de reciprocidade, da carga unitária. Estruturas reticuladas: análise de esforços e deslocamentos. Método das forças. Métodos aproximados: Rayleigh-Ritz. Teoria de placas de Kirchhoff: solução de Navier. **Bibliografia**: Allen, D. H. e Haisler, W. E. *Introduction to aerospace structural analysis*, New York, John Wiley, 1985; Dally, J. W. e Riley, W. F., *Experimental stress analysis*, 3ª ed., New York, McGraw-Hill, 1991; Ugural, A. C., *Stresses in plates and shells*, McGraw-Hill, New York, 1981.

EST-25 - Estruturas Aeroespaciais II. *Requisito:* EST-15. *Horas semanais*: 4-0-1-5. Introdução às estruturas aeroespaciais: componentes, materiais e idealização estrutural. Modelagem de componentes aeroespaciais pelo método dos elementos finitos. Teoria de torção de Saint-Venant. Flexo-torção de vigas de paredes finas de seção aberta e fechada. Restrição axial na flexo-torção de vigas de paredes finas. Difusão em painéis. Aplicações aeroespaciais. Critérios de Falha de placas e painéis reforçados. **Bibliografia:** Megson, T.H. G., *Aircraft structures for engineering students***,** 6th ed., Butterworth-Heinemann, 2016; Curtis, H., *Fundamentals of aircraft structural analysis*, New York, McGraw-Hill, 1997; Bruhn, E. F., *Analysis and design of flight vehicle structures*, Cincinnati, Tri-Offset, 1973.

EST-31 - Teoria de Estruturas II. *Requisito*: EST-24. *Horas semanais*: 3-0-1-5. Teoria de torção de barras de Saint-Venant. Analogia de membrana. Teoria da flexão, torção e flexo-torção de vigas de paredes finas: seções abertas, fechadas, multicelulares; idealização estrutural. Aplicações em componentes aeronáuticos: asa e fuselagem. Estabilidade de colunas, vigas-coluna; soluções exatas e aproximadas. Estabilidade de placas. **Bibliografia**: Megson, T. H. G., *Aircraft structures for engineering students*, 3rd ed., London, E. Arnold, 1999; Curtis, H. D., *Fundamentals of aircraft structural analysis*, New York, McGraw-Hill, 1997; Chajes, A., *Principles of structural stability theory*, Englewood Cliffs, Prentice Hall, 1974.

EST-35 - Projeto de Estruturas Aeroespaciais. *Requisitos:* EST-15 e EST-25. *Horas semanais*: 1-2-0-3. O objetivo desta disciplina é o desenvolvimento das habilidades técnicas e interpessoais do aluno em um projeto de estrutura de um sistema aeroespacial. O projeto deve ser desenvolvido preferencialmente por uma equipe de alunos. Ao final da disciplina, os alunos deverão apresentar um sistema estrutural que atenda a requisitos técnicos. O professor deve estimular a iniciativa e a imaginação do aluno. **Bibliografia**: Bruhn, E. F., *Analysis and design of flight vehicle structures*, Cincinnati, Tri-Offset, 1973; Niu M., *Airframe Stress Analysis & Sizing,* 2nd ed., Conmilit Press Ltd, Hong Kong, 1999; Niu M., *Airframe Structural Design,* 2nd ed., Conmilit Press Ltd, Hong Kong, 1998.

EST-56 - Dinâmica Estrutural e Aeroelasticidade. *Requisito*: não há. *Horas semanais*: 3-0-1-5. Modelagem de sistemas dinâmicos: princípio de Hamilton; equações de Lagrange. Vibrações livres e 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. Ensaios de vibração em solo. Introdução ao método de elementos finitos em dinâmica de estruturas. Modelagem aeroelástica de uma seção típica. Problemas de estabilidade e resposta aeroelástica. Modelos aeroelásticos na base modal. Métodos de elementos discretos em aeroelasticidade, Noções sobre ensaios aeroelásticos em túnel e em vôo. **Bibliografia**: Bismarck-Nasr, M. N., *Structural dynamics in aeronautical engineering*, Reston, VA: AIAA, 1999; Rao, S.S., *Mechanical vibrations*, Upper Saddle River, NJ: Pearson Prentice Hall, 2004; Bisplinghoff, R.L., *Aeroelasticity*, Mineola, NY: Dover, 1996.

EST-57- DINÂMICA DE ESTRUTURAS AEROESPACIAIS E AEROELASTICIDADE. *Requisito*: ASP-~~48~~.(29) *Horas semanais*: 3-0-1-5. Modelagem de sistemas dinâmicos: princípio de Hamilton; equações de Lagrange. Vibrações livres e respostas à excitação harmônica, periódica, geral e randômica 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. Método de Elementos Finitos. Vibrações livres e respostas dinâmicas de sistemas contínuos. Ensaios de vibração em solo. Aeroelasticidade de placas e cascas. Problemas de

estabilidade e resposta aeroelastica. Modelos aeroelásticos na base modal. **Bibliografia**: Bismarck-Nasr, M. N., *Structural Dynamics in Aeronautical Engineering*, AIAA Education, 1999; Rao, S.S., *Mechanical vibrations* Fifth Edition, Upper Saddle River, NJ: PearsonPrentice Hall, 2004; WRIGHT, J.R.; COOPER, J.E. Introduction to aircraft aeroelasticity and loads. 2. ed. Wiley, 2015.

6.2.3 Departamento de Mecânica do Vôo (IEA-B)

MVO-20 - Controle I. *Requisito:* não há. *Horas semanais:* 3-0-1-5. 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 freqüência. Projeto de controladores. Desempenho a malha fechada. **Bibliografia**: Ogata, K., *Engenharia de controle moderno*, 5ª ed., São Paulo, Prentice Hall, 2010; Astrom, K. J., Murray, R. M., *Feedback Systems: An Introduction for Scientists and Engineers*, 2ª ed ., Princeton University Press, 2018; Franklin, G. F., Powell, J. D., Emami-Naeini, A., *Sistemas de Controle para Engenharia*, 6ª ed., Porto Alegre, Bookman, 2013.

MVO-22 – CONTROLE II. *Requisito*: MVO-20. *Horas semanais*: 2-0-1-6. Revisão de funções de transferência: diagrama de blocos, diagrama de Bode, transformadas de Laplace. Análise no domínio da frequência: critério de Nyquist, margens de estabilidade, relações de Bode e sistemas de fase mínima. Projeto no domínio da frequência: funções de sensibilidade, especificações de desempenho, projeto de sistemas de controle através de loop shaping. Limites fundamentais: limitações impostas por polos e zeros no semi-plano direito, fórmula integral de Bode. Noções de controle robusto. **Bibliografia**: Ogata, K., Engenharia de controle moderno, 5ª ed., São Paulo, Prentice Hall, 2010; Astrom, K. J., Murray, R. M., *Feedback Systems: An Introduction for Scientists and Engineers*, 2ª ed ., Princeton University Press, 2018; Franklin, G. F., Powell, J. D., Emami-Naeini, A., Sistemas de Controle para Engenharia, 6ª ed., Porto Alegre, Bookman, 2013.

MVO-31 - Desempenho de Aeronaves. *Requisito:* AED-11 ou equivalente. *Horas semanais:* 2-0-1-6. Atmosfera padrão, forças aerodinâmicas e propulsivas. Definição e medida de velocidade. Desempenho pontual: planeio, voo horizontal, subida, voo retilíneo não-permanente, manobras de voo, diagrama altitude-número de Mach. Envelope de voo. Métodos de Energia. Desempenho integral em alcance, autonomia e combustível consumido: cruzeiro, voo horizontal não-permanente, subida e voos curvilíneos. Decolagem, aterrissagem e conceitos de certificação. **Bibliografia**: Anderson, J.D., *Aircraft performance and design*, Boston: WCB/McGraw-Hill, 1999; McClamroch, N.H., *Steady Aircraft Flight and Performance*, Princeton: Princeton University Press, 2011; Vinh, N.K., *Flight mechanics of high-performance aircraft*, New York, University Press, 1993.

MVO-32 - Estabilidade e Controle de Aeronaves. *Requisito:* MVO-20 ou equivalente. *Recomendado:* MVO-31. *Horas semanais:* 2-0-1-6. Estabilidade estática longitudinal: margem estática a manche fixo e a manche livre. Critérios de estabilidade estática láterodirecional. Sistemas de referência, ângulos de Euler e matrizes de transformação. Dedução das equações do movimento da aeronave modelada como corpo rígido. Derivadas de estabilidade e de controle. Cálculo numérico de condições de equilíbrio. Linearização das equações do movimento. Modos autônomos longitudinais e látero-direcionais. Simulação do voo em malha aberta. Estabilidade dinâmica: qualidades de voo. Projeto de sistemas de controle de voo: sistemas de aumento de estabilidade, sistemas de aumento de controle e piloto automático. Simulação do voo em malha fechada. **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;

MVO-41 - Mecânica Orbital. *Requisito*: não há. *Horas semanais:* 3-0-0-5. Introdução: histórico, leis básicas, problema de N corpos. Problemas de dois corpos: formulação, integrais primeiras, equação da trajetória, descrição das órbitas. Trajetórias no espaço: sistemas de coordenadas e medidas de tempo, definição de elementos orbitais, sua determinação a partir dos vetores posição e velocidade, e vice-versa. Posição e velocidade em função do tempo. Manobras orbitais básicas: transferência de Hohmann e bielípica, manobras de mudança de plano de órbita, manobras

de assistência gravitacional. Perturbações: Variação dos elementos orbitais, tipos de perturbações e seus efeitos, arrasto aerodinâmico e decaimento orbital. Trajetórias lunares e interplanetárias. **Bibliografia**: Bate, R.R., Mueller, D.D. & White, J.E., *Fundamentals of Astrodynamics*, Dover, New York, 1971; Chobotov, V.A. (Ed.), *Orbital Mechanics*, 3rd ed., Reston, VA, AIAA, 2002; Curtis, H.D., *Orbital Mechanics for Engineering* Students 3rd ed., Elsevier, 2014.

MVO-50 - Técnicas de Ensaios em Vôo. *Requisito*: PRP-38. *Horas semanais*: 2-0-1-2. Introdução a Redução de Dados de Ensaio. Técnicas de Calibração Anemométrica. Conhecimentos básicos relacionados com as técnicas de ensaios em voo para determinação de qualidades de voo e desempenho. Introdução a Sistemas de Aquisição de Dados, Instrumentação e Telemetria. Noções sobre ensaios para certificação aeronáutica. **Bibliografia**: Kimberlin, R.D., *Flight Testing Of Fixed-Wing Aircraft*, Reston, VA, AIAA, 2003; McCormick, B.W., *Introduction to Flight Testing and Applied Aerodynamics*, Reston, VA, AIAA, 2011; MIL-F-8785C, *Military Specification: Flying Qualities of Piloted Airplanes*, 05 November 1980.

MVO-52 - Dinâmica e Controle de Veículos Espaciais. *Requisito:* MVO-20 ou equivalente. *Horas semanais*: 3-0-0-6. Dinâmica de Foguetes: equações gerais de movimento; movimento do foguete em duas dimensões (ascensão vertical; trajetórias inclinadas; trajetórias "gravity turn"); foguete de múltiplos estágios (filosofia de uso de multi-estágios; otimização de veículos); separação de estágios. Dinâmica de atitude: equações de Euler, ângulos de orientação, veículo axissimétrico livre de torque externo, veículo geral livre de torque externo, elipsoide de energia. Controle de atitude: satélite com spin, satélite sem spin, mecanismo Yo-Yo, satélite controlado por gradiente de gravidade, veículo Dual-Spin. **Bibliografia**: Zanardi, M.C.F. de P.S., Dinâmica de Voo Espacial, 1ª ed, EdUFABC, Santo André, 2018. Curtis, H.D.. Orbital Mechanics for Engineering Students, Oxford, Elsevier Butterworth-Heinemann, 2005. Wiesel, W.E. Spaceflight dynamics, 3ª ed., Beavercreek, OH: Aphelion Press, 2010.

MVO-53 - Simulação e Controle de Veículos Espaciais. *Requisito:* MVO-52 ou equivalente. *Horas semanais*: 3-0-0-6. 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 gimbal); torque magnético. Simulação de veículos espaciais: controle para a estabilização de atitude e para a realização de manobras de atitude. **Bibliografia**: Sidi, M., *Spacecraft Dynamics and Control: A Practical Engineering Approach*, Cambridge University Press, 2006; Wiesel, W.E. *Spaceflight Dynamics*, 3rd ed., Beavercreek, OH, Aphelion Press, 2010; Wertz, J.R. (Ed.). S*pacecraft attitude determination and control*. Dordrecht: Kluwer Academic Publ., 1978.

MVO-65 - Desempenho e Operação de Aeronaves. *Requisito*: não há. *Recomendado*: MVO-11. *Horas semanais* 3-0-0-6. Conceitos e Medidas de Velocidade e Altitude. Calibração de sistema anemométrico. Velocidades de Referência (Stall, V_{mcg}, V_{mca}, V_{mu}, V_{lof}, V_2, V_r, V_1, V_{ref}, Flap/LG speeds, V_{MO}, MMO). Decolagem, modelagem física, análise de parâmetros técnicos e ambientais, pistas molhadas e contaminadas, Limites de gradiente, velocidade de pneu e energia de frenagem, técnicas para melhoria de desempenho, V2 variável e CG alternado. Voo de subida, modelagem e análise de parâmetros. Voo de cruzeiro, modelagem, conceito de fuel flow e specific range, efeitos ambientais, velocidades de máximo alcance, máximo endurance e longo alcance, técnica de *step climb*, efeito do CG no cruzeiro. *Driftdown*, requisitos de falha de motor, determinação de trajetória, efeito no planejamento de missão. Descida e Aproximação, modelagem física e regulamentos. Pouso, regulamentos, limitações, cálculo da distância total, conceito de *quick turn around*. Conceitos de planejamento de missão e despacho. **Bibliografia:** Blake, W. (and the Performance Training Group), *Jet Transport Performance Methods*, Boeing Commercial Airplanes, 2009; Flight Operations Support and Line Assistance, *Getting to Grips with Aircraft Performance*, Airbus, 2002; Phillips, W. F., *Mechanics of Flight*, Wiley, 2002.

MVO-66 - Ensaio de Aeronaves Remotamente Operadas. *Requisito:* não há. *Recomendado:* PRJ-30. *Horas semanais*: 1-0-2-6. Conceitos de aerodinâmica e mecânica do voo aplicados à pilotagem. Contextualização dos ensaios no desenvolvimento de produto. Boas práticas operacionais. Noções de meteorologia aplicadas ao ensaio em voo. Conceitos de ensaios em solo e ensaios em voo. Ensaios do aeromodelo. **Bibliografia:** Federal Aviation Administration

(FAA), *Amateur-Built Aircraft and Ultralight Flight Testing Handbook.* Advisory Circular 90-89A, 1995. McCormick, B.W., *Introduction to flight testing and applied aerodynamics*. Reston, VA, AIAA, 2011. Kimberlin, R.D., *Flight Testing of Fixed-wing Aircraft*. Reston, VA, AIAA, 2003.

6.2.4 Departamento de Projetos (IEA-P)

PRJ-22 - Projeto Conceitual de Aeronave. *Requisito:* não há. *Horas semanais:* 3-0-2-4. Projeto conceitual de uma aeronave: análise de mercado e financeira; escolhas de tecnologias, configuração, dimensionamento inicial; escolha e do grupo moto-propulsor; layout estrutural das asas, fuselagem e empenagens; balanceamento, desempenho inicial; projeto da seção transversal e layout do interior. Cabina de pilotagem e compartimento de carga. Métodos e ferramentas para decisão de escolha de configuração. Materiais usados em aeronaves e perspectivas futuras. Estimativa refinada de peso da configuração e de seus componentes e sistemas. Estudos de versões e variantes de uma determinada aeronave. Elementos de certificação aeronáutica. **Bibliografia**: Roskam, J., *Airplane design*, parts I-VIII, Roskam Aviation and Engineering Corporation, Ottowa, Kansas, 1985; Torenbeek, E., *Synthesis of Subsonic Airplane Design,* Kluwer Academic Pub, Sept. 1982; Gudmundsson, S., *General Aviation Aircraft Design: Applied Methods and Procedures*, Butterworth-Heinemann, 2013.

PRJ-23 - Projeto Avançado de Aeronave. *Requisito:* PRJ-22. *Horas semanais:* 3-0-2-4. Regulamentos e requisitos do projeto de aeronave, incluindo noções de manutenção aeronáutica. Projeto preliminar de aeronave. Integração de sistemas:— e grupo moto-propulsor. Análise aerodinâmica numérica da configuração completa. Considerações ambientais no projeto de aeronave. Cargas estáticas e dinâmicas. Noções e aplicações de otimização multidisciplinar e noções de *Big data* voltada a projeto de aeronave. Projeto e dimensionamento dos componentes estruturais primários. **Bibliografia**: Sadraey, M. H., *Aircraft Design – A System Engineering Approach,* John Wiley & Sons Limited, 2013; Mattos, B. S., Fregnani, J. A., and Magalhães, P. C., *Conceptual Design of Green Transport Airplanes*, Betham Books, 2018; Kundu, A. K., *Aircraft Design*, Cambridge Aerospace Series, Cambridge University Press, 2010.

PRJ-30 - Projeto e Construção de Aeromodelos. *Requisito*: não há. *Horas semanais*: 1-0-3-4. Introdução ao projeto de aeronaves: requisitos, fases do projeto, construção e testes. Conceitos básicos para o projeto de uma aeronave: definição da configuração, estimativa de peso, definição dos coeficientes aerodinâmicos, dimensionamento da aeronave, análise de estabilidade e controlabilidade da aeronave, determinação dos centros de gravidade e aerodinâmico, especificação de motor e hélice, especificação do sistema de controle e atuadores, configurações para a estrutura usada em aeromodelos. Aspectos de gerenciamento de projeto: divisão do trabalho, cronograma, gerenciamento de configuração e troca de informações na equipe de projeto. Construção do aeromodelo projetado: materiais e métodos usados na construção das partes de um aeromodelo, integração destas partes, integração de motor, construção e integração do trem de pouso, integração do sistema de controle, antena e atuadores. Teste do aeromodelo: planejamento dos testes, execução dos testes e posterior análise do vôo. **Bibliografia**: Raymer, D.P., *Aircraft design: a conceptual approach*, 3ª ed., Washington, AIAA, 1999; Roskam, J., *Airplane design*, partes I-VIII, Lawrence, Kansas, DAR Corporation, 2000-2003; Jenkinson, L.R., Simkin, P. e Rhodes, D. *Civil Jet Aircraft Design*, Washington, AIAA, 1999.

PRJ-32 - Projeto e Construção de Sistemas Aeroespaciais. *Requisitos*: não há. *Horas semanais*: 1-0-3-3. Noções de foguete, satélite e estação terrena. Definição de missão. Definição de sistema. Projeto. Manufatura, montagem integração e testes do sistema. Lançamento e operação. **Bibliografia**: Wertz, J. R. & Larsson, J. W., eds., Space Mission Analysis and Design, Kluwer, Dordrecht, 1999; Fortescue, P., Stark, J., eds., Spacecraft Systems Engineering, 2a ed., John Wiley and Sons, Chichester, UK, 1995; Sutton, G. P. Rocket Propulsion Elements, 7a Edição, Wiley, Nova Iorque, EUA, 2001.

PRJ-34 – Engenharia de Veículos Espaciais. *Requisito*: PRJ-32. *Horas semanais*: 3-0-0-4. Introdução à tecnologia de foguetes: missões de sondagem; foguetes de sondagem nacionais e estrangeiros; componentes de foguetes de sondagem. Fundamentos: noções de engenharia de foguetes; equação de Tsiolkowsky; foguete monoestágio; foguete multiestágio; repartição de massas. Propulsão: motor foguete ideal; motor foguete real; parâmetros propulsivos; tubeiras; propelentes sólidos e líquidos; motor foguete a propelente sólido; motor foguete a propelente líquido. Aerodinâmica: pressão dinâmica; número de Mach; forças, momentos e coeficientes aerodinâmicos. Dinâmica de vôo: sistemas de referências; trajetórias; equação do movimento em campo gravitacional homogêneo no vácuo; movimento em atmosfera; estabilidade aerodinâmica; separação de estágios. Estruturas: cargas estruturais; tipos de estruturas; métodos de análise estrutural; cargas térmicas; descrição dos componentes estruturais em foguetes. Desenvolvimento do foguete: sistemas, equipamentos e componentes embarcados; fases e atividades; confiabilidade; infraestrutura de fabricação, testes e lançamento. **Bibliografia**: Palmerio, A.F., Introdução à tecnologia de foguetes, 1ª Edição, São José dos Campos, SindC&T, 2016; Griffin, M.D., French, J.R., *Space Vehicle Design*, AIAA Education Series, 1991; Wertz, J.R. & Larson, W.J., eds., *Space Mission Analysis and Design*, Kluwer Academic Publisher, 1991.

PRJ-70 - Fabricação em Material Compósito. *Requisito:* não há. *Horas semanais:* 1-0-1-2. Noções básicas: fibras e matrizes. Processos: manual ("hand lay up"), vácuo, "prepreg", infusão, pultrusão, bobinagem, etc. Arquitetura de estruturas aeronáuticas; Materiais; Documentação de engenharia necessária; Garantia da qualidade; Moldes; Materiais de processo; Fabricação; Proteção. **Bibliografia**: Baker, A.A, Dutton e S., Kelly, D., *Composite materials for aircraft structures*, 2a ed., Reston, VA, AIAA, 2004 (AIAA Education Series); Reinhart, T. J. et al., *ASM engineered materials handbook*, *volume 1, composites*, Metals Park, OH, ASM International, 1987; Mazumdar, S.K., *Composites manufacturing: materials, product, and process engineering*, New York, CRC Press, 2001.

PRJ-72 - Desenvolvimento, Construção e Teste de Sistema Aeroespacial A. (Nota 2) *Requisito:* não há. *Horas semanais*: 0-0-3-2. O objetivo desta disciplina é o desenvolvimento das habilidades técnicas e interpessoais do aluno na participação de um projeto real de engenharia. Preferencialmente, o aluno deve ser membro de uma equipe de desenvolvimento. O professor responsável que supervisiona o trabalho deve estimular a iniciativa e a imaginação do aluno. Ao final da disciplina, um sistema aeroespacial deverá ter sido construído e testado.

PRJ-73 - Projeto Conceitual de Sistemas Aeroespaciais. *Requisito*: PRJ-02. *Horas semanais*: 3-0-2-4. Proposta de problema a ser resolvido com sistema espacial. Caracterização da missão. Seleção do conceito de missão. Geometria de órbita e constelações (número de satélites). Ambiente espacial. Definição das possíveis cargas úteis. Análise do potencial de tecnologias das cargas úteis. Dimensionamento e projeto dos satélites. Definição de requisitos para os subsistemas. Identificação do potencial para o fornecimento dos subsistemas. Arquitetura de comunicação. Operação da missão. Dimensionamento e projeto das estações terrenas. **Bibliografia**: Larson, W.J & Wertz, J.R. *Space mission analysis and design*, 3rd ed. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht/Boston/London, 1992; 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.

PRJ-74 - Desenvolvimento, Construção e Teste de Sistema Aeroespacial B. (Nota 2) *Requisito:* não há. *Horas semanais*: 0-0-2-1. O objetivo desta disciplina é o desenvolvimento das habilidades técnicas e interpessoais do aluno na participação de um projeto real de engenharia. Preferencialmente, o aluno deve ser membro de uma equipe de desenvolvimento. O professor responsável que supervisiona o trabalho deve estimular a iniciativa e a imaginação do aluno. Ao final da disciplina, um sistema aeroespacial deverá ter sido construído e testado.

PRJ-75 - Projeto Avançado de Sistemas Aeroespaciais. *Requisito*: PRJ-72. *Horas semanais*: 3-0-2-4. Sistemas de coordenadas aplicáveis a veículos aeroespaciais. Equações de movimento de corpo rígido com 6 graus de liberdade. Dinâmica longitudinal. Aproximação de Curto Período. Aproximação de Longo Período. Controle de veículos aeroespaciais por atitude ou aceleração. Atuadores. Guiamento. Navegação Inercial. Simulação de voo em Matlab/Simulink. **Bibliografia**: Blakelock J.H., *Automatic Control of Aircrafts and Missiles*, second edition, John Wiley,

2011; Stevens B.L., Lewis F.L., Johnson E.N. , *Aircraft Control and Simulation*, third edition, John Wiley, 2015.

PRJ-78 - Valores, Empreendedorismo e Liderança. *Requisito*: não há. *Horas semanais*: 2-0-0-4. Parte I – Valores. Ética: Humanidade, Relações e Poder. Cidadania: História e Cultura, Direitos e Deveres e Justiça. Responsabilidade Social: Meio-ambiente, Psicologia e Religião. Parte II – Empreendedorismo. Pesquisa e Desenvolvimento: Requisitos, Certificação e Ciclo de Vida. Inovação: Gestão, Proteção do Conhecimento, Indústria e Serviços. Mercado: Economia, Capital e Trabalho, Emprego e Seguridade Social. Parte III – Liderança. Competência: Capacitação, *Foresight* e Qualidade. Imagem: Criatividade, Comunicação e Marketing. Política: Ideologia, Sociologia e Estratégia. **Bibliografia**: Carvalho, J. M., Cidadania no Brasil – O Longo Caminho, 19ª ed., Civilização Brasileira, São Paulo, 2015; Silva, O., Cartas a um Jovem Empreendedor, Elsevier, São Paulo, 2006; Gaudencio, P., Superdicas para se Tornar um Verdadeiro Líder, 2ª ed., Saraiva, São Paulo, 2009.

PRJ-81 – Evolução da Tecnologia Aeronáutica. *Requisito*: não há. *Horas semanais*: 2-0-0-2. Evolução do voo dos animais. Linha do tempo da aviação e aeronáutica. Santos Dumont e suas aeronaves. A era dos dirigíveis. O Nascimento da aviação. A Primeira Guerra Mundial. A aviação no período entre guerras. A Segunda Guerra Mundial e a transformação do setor aeronáutico e de aviação. A era do transporte a jato. **Bibliografia**: Loftin Jr., L. K., *Quest for Performance: The Evolution of Modern Aircraft*, NASA SP-468, Washington, 1985; Anderson Jr., J. D., *The Airplane – A History of its Technology*, AIAA General Publication Series, 1st Edition, Reston, VA, 2002; Angelucci, E., *The Rand McNally Encyclopedia of Military Aircraft: 1914-1980*, Crescent, New York, 1988

PRJ-85 - Certificação Aeronáutica. *Requisito*: não há. *Horas semanais*: 2-0-0-2. Organização do sistema internacional de homologação aeronáutica. Regulamentos de certificação e publicações acessórias. O processo de certificação. Etapas de certificação. Credenciamento e homologação de oficinas, companhias aéreas e aeronavegantes. Certificação de tipo de aeronaves, motores e equipamentos. Requisitos principais de vôo, estrutura, construção, propulsão e sistemas. Metodologia de comprovação do cumprimento de requisitos: especificações, descrições, análises, ensaios e inspeções. Aprovação de publicações de serviço e de garantia de aeronavegabilidade. **Bibliografia**: Regulamentos brasileiros de homologação aeronáutica, Rio de Janeiro, ANAC, 2013; Federal Airworthiness Regulations, Code of Federal Regulations, Washington, Federal Aviation Administration, 2013.

PRJ-87 - Manutenção Aeronáutica. *Requisito*: não há. *Horas semanais*: 2-0-0-2. Panorama da manutenção aeronáutica, objetivos, tipos básicos de manutenção. Conceitos de manutenção preventiva. As necessidades de manutenção dos aviões modernos e a programação de serviços associados. Características de falhas de componentes e manutenção não programada. Limites de operação do avião, limites de reparo, limites de serviço, limites de desgaste. Zoneamento de uma aeronave. Manuais e Literatura técnica de manutenção. Normalização dos manuais. Boletim de serviço. Normalização de materiais aeronáuticos. Catálogo ilustrado de peças. Manual de aeronaves. Manual de manutenção de componentes. Diagramas de fiação elétrica. Manual de registro e isolação de panes. Manual de reparos estruturais. Peso e balanceamento de aeronaves. Instalação de motores e sistemas, acompanhamento dos trabalhos de manutenção. Procedimentos técnicos, organização de um departamento de manutenção, registros de manutenção. Filosofia de uma organização de manutenção. Planejamento de manutenção. Técnicas modernas de planejamento e controle de produção. Regulamentação. Relações técnicas fabricantes-operadores. **Bibliografia**: US Department of Defence Guide for Achieving Reliability, Availability and Maintainability; Human Factors in Aviation Maintenance – FAA; Kinnison, H., Aviation Maintenance Management, McGraw-Hill Professional, 2nd Edition, 2004.

PRJ-90 - Fundamentos de Projeto de Helicópteros. *Requisito*: não há. *Horas semanais*: 2-0-2-2. Conceitos básicos. Configurações. Tipos de rotores e as articulações. Elementos de aerodinâmica, desempenho, qualidade de vôo, ruído, vibrações e ressonância solo. Características de construção de pá de rotor. Movimento elementar da pá: origem e interpretação física dos movimentos de batimento, *lead-lag* e *feathering*. **Bibliografia**: Prouty, R.W., *Helicopter Aerodynamics*. Rotor & Wing International. PJS Publications Inc, 1985; Leishman, G., *Principles of Helicopter Aerodynamics*. Cambridge University Press, 2 ed: 2006; Bramwell, A.R.S., *Helicopter Dynamics*. Edward Arnold, 1976.

6.2.5 Departamento de Propulsão (IEA-C)

PRP-28 - Transferência de Calor e Termodinâmica Aplicada. *Requisito:* MEB-01. *Horas semanais:* 3-0-0-4. Termodinâmica e Propulsão, análise de ciclos ideais e não ideais. Introdução a máquinas térmicas. Termoquímica dos produtos de combustão: equilíbrio químico, cálculo da razão de mistura estequiométrica, entalpia total dos componentes e dos produtos de combustão, cálculo dos parâmetros termodinâmicos dos produtos de combustão. Introdução à Transferência de Calor: conceitos fundamentais e equações básicas. Condução: unidimensional em regime permanente e multidimensional em regimes permanente e não-permanente. Convecção: escoamento laminar no interior de dutos, escoamento laminar externo, escoamento turbulento, convecção natural. Radiação: relações básicas, troca de energia por radiação em meios transparentes. Trocadores de calor. **Bibliografia:** Hill, P., Peterson, C., *Mechanics and Thermodynamics of Propulsion*, 2nd ed., Pearson Education, 2009; Turns, S.R., *An Introduction to Combustion: Concepts and Applications*, Boston, MA: McGraw-Hill, 2006; INCROPERA, F. P.; DEWITT, D. P. *Fundamentos de Transferência de Calor e de Massa,* 7ª edição, LTC, 2014.

~~**PRP-38 - Propulsão Aeroespacial.** *Requisitos*: AED-01 e PRP-28. *Horas semanais:* 3-0-1-4. Conceitos básicos sobre propulsão. Motor a pistão aeronáutico; funcionamento, configurações e aplicações. Propulsão a hélice: terminologia, teoria e aplicações, análise dimensional, desempenho de hélice, modelo da teoria de momento linear, modelo da teoria elementar de pás, mapas de desempenho. Turbinas a gás como sistema propulsivo: configurações de motores, aplicações, componentes, eficiências e desempenho, modelo propulsivo, limite de operação do motor trubojato e motores sem elementos rotativos. Introdução a motor foguete: parâmetros básicos relativos às balísticas interna e externa; objetivos dos vôos a motor foguete, propelentes e suas características termodinâmicas, distinção básica entre motores foguete a propelentes sólidos e líquidos. **Bibliografia:** Hill, P., Peterson, C., *Mechanics and Thermodynamics of Propulsion*, 2nd ed., Pearson Education, 2009; Oates, G.C, *Aircraft Propulsion Systems Technology and Design*, AIAA, 1989; Sutton, G. P., Biblarz, O., *Rocket Propulsion Elements*, 7ª ed., Wiley Interscience, 2001.~~

- **PRP-37 – PROPULSÃO AEROESPACIAL. Requisitos: AED-01 e PRP-28. Horas semanais: 3-0-1-4. Conceitos básicos de propulsão. Turbinas a gás: configurações de motores, aplicações, componentes, eficiências e desempenho. Introdução aos fundamentos de motor foguete com apresentação das diferentes tecnologias propulsivas não aspiradas e suas aplicações. Equação do empuxo, parâmetros e coeficientes propulsivos. Introdução aos motores foguete a propelentes sólidos, líquidos, híbridos e propulsão elétrica, com respectivos estudos de propelentes, suas características termodinâmicas, propulsivas e balística interna. Introdução à dinâmica dos fluidos computacional, modelagem matemática, tipos de simulações, malhas estruturadas e não-estruturadas, aplicação em modelagem de bocais e modelagem de injetores. Bibliografia: SUTTON, G. P.; BIBLARZ, O. Rocket propulsion elements. 7ª ed. New York: Wiley Interscience, 2001. HUMBLE, R. W.; HENRY, G. N.; LARSON, W. J. Space propulsion analysis and design. New York: McGraw-Hill, 1995. v.1. ANDERSON JR., J.D. Computational fluid dynamics. New York: McGraw-Hill, 1995.**

PRP-39 - Motor-Foguete a Propelente Sólido. *Requisitos:* PRP-28, AED-01, PRP-38. *Horas semanais*: 3-0-1-4. Envelope de vôo de foguetes, tipos de motores e desempenho desses motores propulsionados a foguete. Impulso especifico e balística interna dos foguetes sólidos. Parâmetros e coeficientes propulsivos. Formas de grão propelente e curvas características: queima neutra, progressiva e regressiva. Projeto de tubeira e da câmara de combustão. Curvas de empuxo e pressão necessárias para atender o envelope de vôo. **Bibliografia**: Sutton, G. P., Biblarz, O., *Rocket Propulsion Elements*, 7ª ed., Wiley Interscience, 2001. Cornelisse, J.M. et al, *Rocket and Spaceflight Dynamics*, London, Pitman, 1979. Humble R.W., Henry G.N., Larson W.J., *Space Propulsion Analysis and Design*, 1ª ed., Mc Graw Hill, 1995.

PRP-40 - Propulsão Aeronáutica. *Requisitos:* PRP-28 e AED-01. *Horas semanais*: 3-0-0,5-4. Análise de desempenho dos

motores e de seus componentes. Entradas de ar aeronáuticas. Desempenho de Turbinas a Gás: desempenho do motor no seu ponto de projeto, desempenho dos seus principais componentes (admissão, exaustão, entrada de ar, misturador e tubeira), desempenho do motor fora do seu ponto de projeto. Curvas de Desempenho. **Bibliografia:** Cohen, H., Rogers, G.F.C., Saravanamuttoo, H.I.H., Straznicky, P.V., *Gas Turbine Theory,* 6th ed., Harlow: Prentice Hall, 2009; Hill, P., Peterson, C., *Mechanics and Thermodynamics of Propulsion*, 2nd ed., Pearson Education, 2009; Oates, G.C, *Aircraft Propulsion Systems Technology and Design*, AIAA, 1989.

PRP-41 - Motor-Foguete a Propelente Líquido. *Requisitos:* PRP-28, AED-01, PRP-38. *Horas semanais*: 3-0-1-4. Propelentes líquidos: propriedades dos propelentes; componentes oxidantes, componentes combustíveis e monopropelentes líquidos. Turbobombas (rotores e indutores): configurações, parâmetros de desempenho (NPSH, velocidade de topo, coeficiente de fluxo do indutor, NSS, coeficiente de altura manométrica, Ns, rotação especifica), cavitação, otimização. Componentes do motor-foguete a propelente líquido: câmaras de empuxo, injeção, distribuição das regiões de mistura, e geradores de gás. Barreiras térmicas (tipos, função, propriedades. Instabilidades de combustão em câmaras de motor foguete. **Bibliografia**: Sutton, G.P., Biblarz, O., *Rocket Propulsion Elements*, 7ª ed., Wiley Interscience, 2001. Humble, R.W., Henry, G.N., Larson W. J., *Space Propulsion Analysis and Design*, 1ª ed., Mc Graw Hill, 1995. Huzel, D.K., Huang, D.H., *Modern Engineering for Design of Liquid Propellant Rocket Engines*, AIAA, 1992

PRP 42 - Tópicos Práticos em Propulsão Aeronáutica. *Requisito*: PRP 38. *Horas semanais*: 2-1-0-2. Relação entre configurações dos motores e oportunidades de mercado. Determinação da configuração básica de um motor para atender o envelope de voo de uma aeronave. Simulação de diferentes arquiteturas de motores para o melhor desempenho do casamento motor / aeronave. Projeto integrado motor / aeronave. Avaliação do custo de manutenção para escolha do motor. EHM – *Engine Health Monitoring*. Integração aerodinâmica motor / aeronave. Determinação de tração em voo. Novos conceitos propulsivos. **Bibliografia:** Oates, G.C, *Aircraft Propulsion Systems Technology and Design*, AIAA, 1989; Ribeiro, R.F.G, *A Comparative Study of Turbofan Engines Bypass Ratio*, ITA, 2013; Senna, J.C.S.M, *Desenvolvimento de Metodologia para Geração e Manipulação de Dados de Motores Genéricos para Estudos Conceituais de Aeronaves*, ITA, 2012.

PRP-47 - Projeto de Motor Foguete Híbrido. *Requisito*: PRP-38. *Horas Semanais*: 3-1-0-3. Componentes de motor foguete híbrido. Combustíveis sólidos, taxa de regressão, pirólise, combustíveis de alto desempenho. Injetores. Análise da queima, eficiência de combustão. Projeto de motor foguete híbrido, efeitos de escala. Instabilidades de combustão. **Bibliografia**: Sutton, G. P.; Biblarz, O., *Rocket Propulsion Elements*. 8th ed., New York: Wiley, 2010. Chiaverini, M., Kuo, K., *Fundamentals of Hybrid Rocket Combustion and Propulsion*, In Progress in Astronautics and Aeronautics, AIAA, 2007. Humble, R. W., Henry, G. N., & Larson, W. J., *Space propulsion analysis and design* (Vol. 1). New York: McGraw-Hill, 1995.

PRP-50 - Emissões Atmosféricas de Poluentes e Influência do Setor Aeronáutico. *Requisito*: não há. *Horas Semanais*: 2-0-0-2. Posicionamento da contribuição do setor aeronáutico nas emissões atmosféricas de poluentes. Formação dos principais poluentes (CO (monóxido de carbono), NO_x (óxidos de nitrogênio), UHC (hidrocarbonetos não queimados), fuligem e CO_2 (dióxido de carbono)). Tecnologias atuais e futuras para controle das emissões. Índice de emissões de diversos motores aeronáuticos. Técnicas para medição dos poluentes. Regulamentação dos índices restritivos. **Bibliografia:** Carvalho Jr., J. A. e Lacava, P. T., *Emissões em processos de combustão*, Editora UNESP, 2003; *ICAO aircraft engine emissions databank*, Civil Aviation Authority, http://www.caa.co.uk/, 2005; Borman, G. L. e Ragland, K. W., *Combustion engineering*, McGraw-Hill, 1998.

6.2.6 Departamento de Sistemas Aeroespaciais (IEA-S)

SIS-02 - Gestão de Projetos. *Requisito:* não há. *Horas semanais:* 2-1-0-5. Ciência, Tecnologia e Inovação. Políticas e estratégias de CT&I. Organização da CT&I no País, no Ministério da Defesa e no Comando da Aeronáutica. Ciclo de vida

de materiais e de sistemas aeroespaciais. Padrões de desenvolvimento tecnológico e de certificação aeroespacial. Objetivos, programas, projetos e atividades. Tecnologias críticas, recursos humanos, recursos financeiros e infra-estrutura. Processo de gerenciamento de projetos. Recomendações do PMBOK e de modelos similares. O fator humano na gerência de projetos. Critérios econômicos de avaliação de projetos de inovação tecnológica. Estudo de casos de interesse do Poder Aeroespacial. **Bibliografia**: MD e MCT, Concepção Estratégica – Ciência, Tecnologia e Inovação de Interesse da Defesa Nacional, Brasília, MD, 2003; COMAER, Ciclo de Vida de Sistemas e Materiais da Aeronáutica, Brasília, DCA 400-6, 05 de março de 2007; Project Management Institute, *A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK® Guide)*, 3rd ed., São Paulo, Brazil Chapter, 2004.

SIS-04 - Engenharia de Sistemas. *Requisito:* não há. *Horas semanais*: 2-0-1-3. Conceitos básicos: sistema, engenharia de sistemas, requisitos, funções, contexto, estrutura, comportamento. Arquitetura de sistemas: arquitetura funcional e arquitetura física. Noções de modelagem. Organização de projetos. O processo de engenharia de sistemas: análise de missão, análise das partes interessadas, engenharia de requisitos, análise funcional, análise de perigos, projeto de arquitetura, projeto detalhado. Noções de verificação e validação. Noções de controle de configuração. **Bibliografia**: European Space Agency – ESA, *European Cooperation on Space Standardization,* ECSS Publications, ESA Publications Division, Noordvijk, 1996; Larsson, W. et al. Applied space systems engineering, McGrawHill, New York, 2009; National Aerospace Administration, NASA, SP6105, *Systems Engineering Handbook*, NASA, Houston, 1996.

SIS-06 - Confiabilidade de Sistemas. *Requisitos*: MOQ-13. *Horas semanais*: 2-1-0-3. Confiabilidade: conceito de confiabilidade e parâmetros da confiabilidade. Modelagem da confiabilidade. Funções de confiabilidade e de taxa de falha para itens reparáveis e não reparáveis. A função taxa instantânea de falha. Confiabilidade de itens não reparáveis. Funções de distribuição usadas em confiabilidade. Métodos paramétricos e não paramétricos para seleção de modelo de confiabilidade de componente. Adequabilidade da função de distribuição com teste *Goodness-of-fit*. Ensaios de vida. Confiabilidade de sistemas. Diagrama de blocos para sistemas em série, paralelo ativo e redundância k-dentre-n-bons. Sistemas complexos. Conjuntos de trajetórias e cortes minimais. Método da árvore de falhas e árvore de sucessos. Análise dos efeitos de modos de falhas (FMEA). Testes de confiabilidade. Análise de risco por FMEA. Análise de circuitos ocultos ou furtivos. Previsão de mantenabilidade. **Bibliografia**: Billinton, R. e Allan, R.N., *Reliability evaluation of engineering systems*, Pitman, London, 1983; O'Connor, P.D.T., *Practical reliability engineering*, 2nd ed., John Wiley, New York, 1985; Anderson, R.T., *Reliability Design Handbook*, RADC, Department of Defense, New York, 1976.

SIS-08 – Verificação e Qualidade de Sistemas Aeroespaciais. *Requisitos*: SIS-04. *Horas semanais*: 2-0-0-3, Etapas de sistemas espaciais. Garantia do Produto e da Qualidade. O processo global da Verificação. Plano de Verificação: as estratégias da Verificação para cada categoria de requisito. A filosofia de modelos. As ferramentas para o processo de Verificação. A documentação, o controle e a organização do processo de Verificação. O planejamento dos testes, das revisões de projeto, das análises e das inspeções. Sequência das atividades de Montagem, Integração e Teste de Satélites (AIT). Testes ambientais. Métodos e equipamentos de suporte ao AIT. Plano de AIT. O planejamento das atividades de AIT. As instalações de testes. Testes para Campanha de Lançamento. Manutenção de Sistemas Aeroespaciais. Estudo de Casos. **Bibliografia**: NASA, NASA Systems Engineering Handbook rev2, NASA, 2017, ECSS, ECSS-E-ST-10-02C Rev.1 – Space Engineering – Verification, ESA-ESTEC, 2018; DoD, DoD Guide for Achieving Reliability, Availability, and Maintainability, 2005.

SIS-10 – Análise da Segurança de Sistemas Aeronáuticos e Espaciais. *Requisito:* Não há. *Horas semanais:* 2-0-1-3. Introdução ao STAMP (*Systems-Theoretic Accident Model and Processes*) como modelo de causalidades de acidentes baseado em teoria de sistemas. Introdução ao STPA (*Systems-Theoretic Process Analysis*) e ao STPA-Sec (foco em segurança cibernética) como técnica de análise de perigos e ameaças baseada no STAMP. Avaliação do papel do ser-humano integrado na estrutura de controle de segurança de sistemas (*human-in-the-loop*). Aplicação do STPA/STPA-Sec (*hands-on*) para a: Identificação dos acidentes e perigos/ameaças em nível conceitual. Elaboração da estrutura de controle de segurança do sistema aeronáutico/espacial. Captura das ações de controle e feedbacks entre as entidades da estrutura de controle. Análise das ações de controle e seus contextos e, as condições que as tornam inseguras.

Captura das restrições e requisitos de segurança que serão impostas às ações de controle inseguras. Identificação e análise do modelo do processo do controlador (modelo mental para o ser humano). Análise e identificação dos cenários causais que levam às perdas e aos acidentes. Captura das restrições e requisitos de segurança por cenários. Rastreabilidade dos cenários aos acidentes e perigos/ameaças identificados conceitualmente. Elaboração do relatório contendo as respostas e as oportunidades quanto aos perigos/ameaças à segurança. **Bibliografia**: LEVESON, N. Engineering a Safer World: Systems Thinking Applied to Safety. Cambridge: MIT Press, 2012. LEVESON, N; THOMAS, J. STPA Handbook. Cambridge: MIT, 2018. FULINDI, J. B. Integration of a systemic hazard analysis into a systems engineering approach. (Tese de Doutorado) São José dos Campos: ITA, 2017.

SIS-20 - **SISTEMAS DE SOLO**. *Requisitos*: ELE-16, ELE-27. *Horas semanais*: 2-0-1-3. Conceitos e aplicações estações de terra, Tecnologias empregadas em estações de terra de comunicação e controle, análise de link budget em enlace de comunicações com satélites, Tecnologias de Sistemas de Rádio Frequência empregados em estações de terra, Requisitos de manutenção de estações de terra, Tecnologias de análise e correção de falhas em comunicação de dados. O Centro de controle de satélites. Centro de lançamento de foguetes. **Bibliografia**: Wertz, J.R., Puschel J.J., Everett D.F., *Space Mission Engineering*: The New Smad*,* 2011*;* Fortescue, P., Stark, J., Swinerd G., *Spacecraft Systems Engineering*, 3rd Edition, 2003*.* Elbert, B. *The Satellite Communication Ground Segment and Earth Station Handbook,* Artech House Space Technology and Applications*,* 2nd Edition, 2014*.*

6.2.7 Disciplinas Adicionais do Curso de Engenharia Aeroespacial

ASE-10 - Sensores e Sistemas para Navegação e Guiamento. *Requisito:* EES-51 e ASE-04*. Horas semanais:* 3-0-1-6. Sensores: Parametrização de atitude e cinemática. Estimação de atitude de corpo rígido. Equações de movimento de corpo rígido. Linearização das equações de movimento. Sensores inerciais de atitude, velocidade angular e força específica. Modelos de erros em sensores inerciais: giroscópios e acelerômetros. Sensores MEMS. Malhas de balanceamento em sensores. Navegação: Sistemas de coordenadas relevantes. Determinação de atitude e equações de navegação. Mecanização da navegação em plataforma estabilizada e solidária (strapdown). Análise da propagação dos erros e especificação inicial dos sensores. Alinhamento inicial no solo e em vôo. Navegação global por satélites: Navstar GPS. Rastreio de código e da portadora, erros e técnicas de correção. Determinação de atitude com GPS. Fusão de navegação inercial com auxílios de barômetro, GPS e radar Doppler. **Bibliografia**: Merhav, S., *Aerospace sensor systems and applications*, Springer-Verlag, 1996; Lawrence, A., *Modern Inertial Technology: Navigation, Guidance, and Control*, 2nd ed.*,* Springer Verlag, 1998; Farrell, J.A., Barth, M., *The Global positioning system and inertial navigation*, McGraw-Hill, 1999.

ASP-04 - Integração e Testes de Veículos Espaciais. *Requisitos*: SYS-04. *Horas semanais*: 2-0-0-3. Etapas de Desenvolvimento de um Satélite. Sequência das atividades de Montagem, Integração e este de Satélites (AIT). Simulação e Testes ambientais. Testes para Campanha de Lançamento. Métodos e equipamentos de suporte elétrico para a AIT Elétrica. Métodos e equipamentos de suporte mecânico para a AIT Mecânica. Plano de AIT. Plano de Verificação: as estratégias da Verificação para cada categoria de requisito. O processo global da Verificação. A filosofia de modelos. A matriz de hardware. O planejamento dos testes, das revisões de projeto, das análises e das inspeções. O planejamento das atividades de AIT. As instalações de testes. As ferramentas para o processo de Verificação. A documentação, o controle e a organização do processo de Verificação. Projeto de SCOEs (Equipamento Específico para Check-out) e OCOEs (Equipamento Geral para Check-out). Estudo de Casos. Projeto de curso. **Bibliografia**: Wertz, J.R., Wiley, J.L., Space Mission Analysis and Design, Kluwer, Dordrecht, 1999; Pisicane, V.L., Moore, R.C., Fundamentals of Space Systems, Oxford University Press, New York, 1994; ECSS, ECSS-E-ST-10-02C Rev.1 – Space Engineering – Verification, ESA-ESTEC, 2018.

ASP-06 - Ambiente Espacial. *Requisitos*: não há. *Horas semanais*: 2-0-0-3. Contrastes entre o ambiente terrestre e o ambiente espacial. O campo magnético solar. Vento solar. Atividade Solar: emissões de prótons, elétrons, raios-X e íons. Sazonalidade da atividade solar. Tempestades solares. O campo magnético terrestre (Geomagnetismo). A atmosfera

terrestre. Interação entre o campo magnético terrestre e o solar. Radiação eletromagnética e de partículas nas imediações da Terra. Albedo terrestre. Radiação de Prótons e elétrons. Cinturões de Radiação. Plasma ionosférico. Bolhas ionosféricas. Radiação cósmica. Tempestades Magnéticas (seus efeitos sobre satélites). Detritos espaciais e micro-meteoritos. Ambiente no espaço intra-galáctico (*deep space*). Ambiente em outros planetas: Mercúrio, Vênus e Marte. Efeitos da radiação sobre seres vivos. Efeitos da radiação sobre partes e materiais. A especificação de missões espaciais e o ambiente espacial. Segurança de plataformas orbitais, cargas úteis e astronautas. Descrição do ambiente espacial para missões LEO, GEO e DS (*deep space*). **Bibliografia**: Garrett, H.B., Pike, C.P., *Space Systems and Their Interactions with Earth's Space*, AIAA, New York, 1980; Wertz, J.R., Wiley, J.L., *Space Mission Analysis and Design*, Kluwer, Dordrecht, 1999; Tascione, T., *Introduction to the Space Environment*, 2nd ed., Krieger Publishing Company, Melbourne, USA, 1994.

ASP-17 - Projeto Sistemas Aeroespaciais: Integração e Testes. *Requisitos*: não há. *Horas semanais*: 0-0-1-2. Modelos de qualificação. Modelos de vôo. Técnicas de montagem. Estratégia de integração e testes. Planos de integração e testes. Casos de teste. Procedimentos de integração e testes. MGSE. EGSE. Infraestrutura. Ensaios aerodinâmicos. Ensaios estruturais. Ensaios térmicos. Ensaios de EMI/EMC. Qualificação de subsistemas. Qualificação de sistema. Revisão de aceitação. **Bibliografia**: Coelho, Adalberto. Projeto para montagem, integração e testes. ITA, Tese de doutorado, 2011.

ASP-18 - Projeto de Veículos e Plataformas Orbitais: Lançamento e Operação. *Requisitos*: não há. *Horas semanais*: 1-0-3-2. Preparação para o lançamento. Preparação do veiculo lançador. Integração carga util veiculo. Lançamento. Verificações pre operacionais. Procedimento de operação. Operação. **Bibliografia**: IAE. Procedimentos de preparação para lançamento e lançamento. 2011. INPE. Procedimento para operação de cargas úteis espaciais. 2011; European Space Agency – ESA, *European Cooperation on Space Standardization*, ECSS Publications, ESA Publications Division, Noordvijk, 1996; Arpasi, D. J., Blench, R. A., *Applications and Requirements for Real-Time Simulators in Ground-Test Facilities*, NASA TP 2672, NASA, Washington D.C., 1986.

ASP-29 - SINAIS ALEATÓRIOS E SISTEMAS DINÂMICOS. *Requisito:* MVO 20. Recomendados: MAT-12, MAT-22, MAT-27, MAT-32. *Horas semanais:* 3-0-1-6. Introdução à análise de sinais e sistemas. Classificação de sinais e sistemas e principais propriedades. Sistemas dinâmicos lineares invariantes no tempo, contínuos e discretos. Séries contínuas e discretas de Fourier. Transformadas de Fourier. Caracterização de sinais na frequência e no tempo. Amostragem de sinais. Resposta de sistemas no espaço de estados. Métodos de resposta em frequência. Variáveis aleatórias. Processos estocásticos de tempo contínuo e discreto: definição e caracterização estatística. Processos estocásticos estacionários; caracterização espectral de processos estacionários; processos ergódigos. Sistemas lineares com excitação aleatória: funções de auto-correlação e de correlação cruzada; função densidade espectral de potência; funções de resposta em frequência. **Bibliografia**: Oppenheim, A.V., Willsky, A.S., with Nawab, S. H., Signals and systems, 2nd ed., Prentice-Hall - Signal processing series, 1997. Papoulis, A.; Pillai, S. U., *Probability, random variables and stochastic processes*, 4th ed., McGraw Hill, 2002. Miller, S.L.; Childers, D., *Probability and random processes. With applications to signal processing and communications*, 2nd ed., Elsevier Inc., 2012.

ASP-60 - Sensores e Sistemas para Navegação e Guiamento. *Requisitos:* EES-20, EES-49 ou MVO-20, e EET-41 ou ASE-04*. Horas semanais:* 3-0-1-6. Sensores inerciais de atitude, velocidade angular e força específica. Modelos de erros em sensores inerciais: giroscópios, girômetros e acelerômetros. Sensores MEMS. Malhas de balanceamento em sensores. Navegação: Sistemas de coordenadas relevantes. Determinação de atitude e equações de navegação. Mecanização da navegação em plataforma estabilizada e solidária (strapdown). Análise da propagação dos erros e especificação inicial dos sensores. Alinhamento inicial no solo. Navegação global por satélites: Navstar GPS. Observabilidade de sistemas lineares invariantes no tempo. Variáveis aleatórias, processos estocásticos estacionários, ergodicidade e simulação de Monte Carlo. Filtro de Kalman e aplicações. **Bibliografia**: Merhav, S., *Aerospace Sensor Systemsand Applications*, Springer-Verlag, 1996; Lawrence, A., *Modern Inertial Technology: Navigation, Guidance, and Control*, 2nd ed., Springer Verlag, 1998; Farrell, J.A., Barth, M., *The Global positioning system and inertial navigation*, McGraw-Hill, 1999.

ITA
CURSO DE ENGENHARIA AEROESPACIAL
PROPOSTA CURRICULAR PARA 2022

I. PRINCIPAIS ALTERAÇÕES E MOTIVAÇÕES

II. PROPOSTA DE CURRÍCULO PARA 2022

I. PROPOSTAS - PRINCIPAIS ALTERAÇÕES E MOTIVAÇÕES

- ***Poucas modificações, considerando as mudanças significativas de 2020.***

- ***1° Profissional, 1° Semestre*** **sem modificação**

- ***1° Profissional, 2° Semestre*** **PRP-38**
- PRP-38 – Propulsão Aeroespacial será substituída por PRP-37 – Propulsão Aeroespacial

- ***2° Profissional, 1° Semestre*** **sem modificação**

- ***2° Profissional, 2° Semestre***
  GED 72 – ajuste de ementa e bibliografia

- ***3° Profissional, 1° Semestre*** **sem modificação**
- ***3° Profissional, 2° Semestre*** **sem modificação**

Currículo do Curso de Engenharia Aeroespacial – 2022

II. PROPOSTA DE CURRÍCULO PARA 2022

LEGENDA:

Alteração: verde

Exclusão: ~~vermelho~~

Inclusão: azul

Currículo do Curso de Engenharia Aeroespacial – 2022

II. PROPOSTA DE CURRÍCULO PARA 2022

1º Ano Profissional - 1º Período - Classe ~~2023~~ 2024

AED-01	**Mecânica dos Fluidos**	**4 – 0 – 2 – 6**
EST-15	**Estruturas Aeroespaciais**	**4 – 0 – 1 – 5**
PRP-28	**Transferência de Calor e Termodinâmica Aplicada**	**3 – 0 – 0 – 4**
PRJ-32	**Projeto e Construção de Sistemas Aeroespaciais**	**1 – 0 – 3 – 3**
SIS-04	**Engenharia de Sistemas**	**2 – 1 – 0 – 3**
HUM-20	**Noções de Direito**	**3 – 0 – 0 – 3**
IEA-61	**Colóquios em Engenharia Aeronáutica e Aeroespacial**	**1– 0 – 0 – 0**
		18 + 1 + 6 = 25

1º Ano Profissional - 2º Período - Classe ~~2023~~ 2024

AED-11	**Aerodinâmica Básica**	**3 – 0 – 2 – 6**
EST-25	**Estruturas Aeroespaciais II**	**4 – 0 – 1 – 5**
~~**PRP-38**~~	~~**Propulsão Aeroespacial**~~	~~**3 – 0 – 1 – 4**~~
PRP-37	**Propulsão Aeroespacial**	**3 –0 – 1 – 4**
ELE-16	**Eletrônica Aplicada**	**2 – 0 – 1 – 3**
MVO-20	**Controle I**	**2 – 1 – 1 – 6**
SIS- 02	**Gestão de Projetos**	**2 – 1 – 0 – 5**
		16 + 2 + 6 = 24

Currículo do Curso de Engenharia Aeroespacial – 2022

II. PROPOSTA DE CURRÍCULO PARA 2022

2º Ano Profissional - 1º Período - Classe ~~2022~~ 2023

SIS-08	**Verificação e Qualidade de Sistemas Aeroespaciais**	**2 – 1 – 0 – 3**
ELE-27	**Eletrônica para Aplicações Aeroespaciais**	**3 – 0 – 2 – 3**
MVO-41	**Mecânica Orbital**	**3 – 0 – 0 – 5**
ASP-29	**Sinais Aleatórios e Sistemas Dinâmicos**	**3 – 0 – 1 – 6**
MTM-35	**Engenharia de Materiais**	**4 – 0 – 2 – 3**

Além destas disciplinas, cursar obrigatoriamente uma das disciplinas abaixo:

MVO-22	**Controle II**	2 – 0 – 1 – -6 17 + 1 + 6 = 24
PRP-39	**Motor Foguete a Propelente Sólido**	**3 – 0 – 1 – 4** **18 + 1 + 6 = 25**
AED-27	**Aerodinâmica Supersônica**	**2 – 2 – 0 – 3** **17 + 3 + 5 = 25**

Currículo do Curso de Engenharia Aeroespacial – 2022

II. PROPOSTA DE CURRÍCULO PARA 2022

2º Ano Profissional - 2º Período - Classe ~~2022~~ 2023

PRJ-73	**Projeto Conceitual de Sistemas Aeroespaciais**	**3 – 0 – 2 – 4**
MVO-52	**Dinâmica e Controle de Veículos Espaciais**	**3 – 0 – 0 – 6**
HID-63	**Meio Ambiente e Sustentabilidade no Setor Aeroespacial**	**3 – 0 – 0 – 3**
GED-72	**Princípios de Economia**	**3 – 0 – 0 – 4**
SIS-20	**Sistema de Solo**	**2 – 1 – 0 – 3**
EST-57	**Dinâmica de Estruturas Aeroespaciais e Aeroelasticidade**	**3 – 0 – 1 – 5**

Além destas disciplinas, cursar obrigatoriamente uma das disciplinas abaixo:

ASP-60	**Sensores e Sistema para Navegação e Guiamento**	**3 – 0 – 1 – 6**
		20 + 1 + 4 = 25
PRP-41	**Motor Foguete a Propelente Líquido**	**3 – 0 – 1 – 4**
		20 + 2 + 4 = 25

Currículo do Curso de Engenharia Aeroespacial – 2022

II. PROPOSTA DE CURRÍCULO PARA 2022

3º Ano Profissional - 1º Período - Classe ~~2021~~ 2022

O aluno poderá escolher entre as opções A ou B, e informar o Coordenador de Curso, conforme:

Opção A – Estágio Curricular Supervisionado de **160 horas**

TG-1	**Trabalho de Graduação I (Nota 5)**	**0 – 0 – 8 – 4**
PRJ-75	**Projeto Avançado de Sistemas Espaciais**	**3 – 0 – 2 – 4**
GED-61	**Administração em Engenharia**	**3 – 0 – 0 – 4**

Além destas disciplinas, cursar obrigatoriamente uma das disciplinas abaixo:

MVO-53	**Simulação e Controle de Veículos Espaciais**	**3 – 0 – 0 – 6** 9 + 0 + 10 = 19
PRP-39	**Motor Foguete a Propelente Sólido**	**3 – 0 – 1 – 4** 9 + 0 + 10 = 19
MVO-22	**Controle II**	2– 0 – 1 – 6 **8+ 0 + 10 = 18**
AED-27	**Aerodinâmica Supersônica**	**2– 2 – 0 – 3** **8– 2 – 10 – 20**

Adicionalmente o aluno deverá: - Cursar um total de **272 horas-aula de disciplinas eletivas**, integralizadas a partir do 1 ano do curso fundamental. Deste total, **96 horas-aula de disciplinas eletivas** deverão ser cursadas ao longo do ***3º Ano Profissional***.

*- Integralizar no mínimo **200 horas de Atividades Complementares (ACP)** de acordo com normas reguladoras próprias.*

*- Realizar um Estágio Curricular Supervisionado, de acordo com normas reguladoras próprias (carga horária mínima de 160 horas). Este estágio poderá ser iniciado a partir do término do 1º Ano Profissional e o plano de estágio deve ser **aprovado previamente pela Coordenação do Curso.***

Currículo do Curso de Engenharia Aeroespacial – 2022

II. PROPOSTA DE CURRÍCULO PARA 2022

3º Ano Profissional - 1º Período - Classe ~~2021~~ 2022

O aluno poderá escolher entre as opções A ou B, e informar o Coordenador de Curso, conforme:

Opção B – Estágio Curricular Supervisionado de **300 horas**

TG-1	**Trabalho de Graduação I (Nota 5)**	**0 – 0 – 8 – 4**
PRJ-75	**Projeto Avançado de Sistemas Espaciais**	**3 – 0 – 2 – 4**
GED-61	**Administração em Engenharia**	**3 – 0 – 0 – 4**

Além destas disciplinas, cursar obrigatoriamente uma das disciplinas abaixo:

MVO-53	**Simulação e Controle de Veículos Espaciais**	**3 – 0 – 0 – 6** 9 + 0 + 10 = 19
PRP-39	**Motor Foguete a Propelente Sólido**	**3 – 0 – 1 – 4** 9 + 0 + 10 = 19
MVO-22	**Controle II**	2– 0 – 1 – 6 **8+ 0 + 10 = 18**
AED-27	**Aerodinâmica Supersônica**	**2– 2 – 0 – 3** **8– 2 – 10 – 20**

Adicionalmente o aluno deverá: - Cursar um total de **128 horas-aula de disciplinas eletivas**, integralizadas a partir do 1 ano do curso fundamental. Deste total, **48 horas-aula de disciplinas eletivas** deverão ser cursadas ao longo do ***3º Ano Profissional***.

*- Integralizar no mínimo **200 horas de Atividades Complementares (ACP)** de acordo com normas reguladoras próprias.*

*- Realizar um Estágio Curricular Supervisionado, de acordo com normas reguladoras próprias (carga horária mínima de 300 horas. Este estágio poderá ser iniciado a partir do término do 1º Ano Profissional e o plano de estágio deve ser **aprovado previamente pela Coordenação do Curso.***

Currículo do Curso de Engenharia Aeroespacial – 2022

II. PROPOSTA DE CURRÍCULO PARA 2022

3º Ano Profissional - 2º Período - Classe ~~2021~~ 2022

TG-2	**Trabalho de Graduação II (Nota 5)**	**0 – 0 – 8 – 4**

Adicionalmente o aluno deverá complementar a carga mínima de horas-aula de disciplinas eletivas previstas para o *3º Ano Profissional conforme opção A ou B.*

~~**PRP-38- PROPULSÃO AEROESPACIAL**. Requisito: AED-01 e PRP-28. Horas semanais: 3-0-1-4. Conceitos básicos sobre propulsão. Motor a pistão aeronáutico; funcionamento, configurações e aplicações. Propulsão a hélice: terminologia, teoria e aplicações, análise dimensional, desempenho de hélice, modelo da teoria de momento linear, modelo da teoria elementar de pás, mapas de desempenho. Turbinas a gás como sistema propulsivo: configurações de motores, aplicações, componentes, eficiências e desempenho, modelo propulsivo, limite de operação do motor turbojato e motores sem elementos rotativos. Introdução a motor foguete: parâmetros básicos relativos às balísticas interna e externa; objetivos dos vôos a motor foguete, propelentes e suas características termodinâmicas, distinção básica entre motores foguete a propelentes sólidos e líquidos. Bibliografia: HILL, P.; PETERSON, C. Mechanics and thermodynamics of propulsion. 2nd ed. London: Pearson Education, 2009. OATES, G.C. Aircraft propulsion systems technology and design. Reston: AIAA, 1989. SUTTON, G. P.; BIBLARZ, O. Rocket propulsion elements. 7ª ed. New York: Wiley Interscience, 2001.~~

- **PRP-37 – PROPULSÃO AEROESPACIAL.** Requisitos: AED-01 e PRP-28. Horas semanais: 3-0-1-4. Conceitos básicos de propulsão. Turbinas a gás: configurações de motores, aplicações, componentes, eficiências e desempenho. Introdução aos fundamentos de motor foguete com apresentação das diferentes tecnologias propulsivas não aspiradas e suas aplicações. Equação do empuxo, parâmetros e coeficientes propulsivos. Introdução aos motores foguete a propelentes sólidos, líquidos, híbridos e propulsão elétrica, com respectivos estudos de propelentes, suas características termodinâmicas, propulsivas e balística interna. Introdução à dinâmica dos fluidos computacional, modelagem matemática, tipos de simulações, malhas estruturadas e não-estruturadas, aplicação em modelagem de bocais e modelagem de injetores. Bibliografia: SUTTON, G. P.; BIBLARZ, O. Rocket propulsion elements. 7ª ed. New York: Wiley Interscience, 2001. HUMBLE, R. W.; HENRY, G. N.; LARSON, W. J. Space propulsion analysis and design. New York: McGraw-Hill, 1995. v.1. ANDERSON JR., J.D. Computational fluid dynamics. New York: McGraw-Hill, 1995.

- **GED-72 – Princípios de Economia.** Requisito: Não há. Horas semanais: 3-0-0-4. Conceitos fundamentais de microeconomia. ~~Introdução~~ e contextualização. A ~~Microeconomia~~ - uma visão geral. Consumidor e demanda. Produtor e oferta. Estruturas de mercado. Inter-relações econômicas na coletividade. Aspectos quantitativos em microeconomia. Conceitos fundamentais de macroeconomia. A contabilidade social. Mercado do produto. Mercado monetário. Políticas macroeconômicas. **Bibliografia**: ~~CABRAL,~~ A. S.; YONEYAMA, T. *Microeconomia*: uma ~~visão~~ integrada para empreendedores. São Paulo: Saraiva, 2008. VASCONCELOS, ~~M~~. A. S. V. *Manual de economia*. 4. ed. São Paulo: Saraiva, 2003. MANKIW, N. G. Introdução à Economia. 8ª ed. São Paulo: Cengage Learning, 2019. PINHO, D. B., VASCONCELOS, M. A. S., TONETO Jr., R. Manual de economia. 7ª ed. São Paulo: Saraiva, 2017.

- ***Eletivas***
  A matrícula em eletivas está condicionada ao aluno haver cursado os pré-requisitos da disciplina, à disponibilidade de vagas, e à aprovação do professor responsável e da Coordenação do Curso. Essas disciplinas podem ser de graduação (dos Cursos Fundamental e Profissionais) e/ou de pós-graduação do ITA.
- **Opção A:** o aluno deverá cursar com aproveitamento um mínimo de **272 horas-aula** de eletivas, integralizadas a partir do 1º ano do Fundamental. Deste total **96 horas-aula de disciplinas eletivas** deverão ser cursadas ao longo do ***3º Ano Profissional***.
- **Opção B:** o aluno deverá cursar com aproveitamento um mínimo de **128 horas-aula** de eletivas, integralizadas a partir do 1º ano do Fundamental. Deste total **48 horas-aula de disciplinas eletivas** deverão ser cursadas ao longo do ***3º Ano Profissional***.
- **Observação:** o total de horas-aula de eletivas inclui aquelas que foram previstas no Currículo do Curso Fundamental.

- **Estágio Curricular Supervisionado**
  Opção A: o aluno deverá realizar um mínimo de **160 horas** de Estágio Curricular Supervisionado ~~integralizadas a partir do fim do 2º ano Profissional ou durante suspensão de matrícula. .~~ *Este estágio somente poderá ser iniciado a partir do término do 1º Ano Profissional* podendo ser realizado durante suspensão de matrícula desde que de acordo com as normas reguladoras próprias.
- **Opção B:** o aluno deverá realizar um mínimo de **300 horas** de Estágio Curricular Supervisionado ~~integralizadas a partir do fim do 2º ano Profissional ou durante suspensão de matrícula.~~ *Este estágio somente poderá ser iniciado a partir do término do 1º Ano Profissional* podendo ser realizado durante suspensão de matrícula desde que de acordo com as normas reguladoras próprias.
- ***Atividades Complementares***
  O aluno deverá comprovar um mínimo de **200 horas** de Atividades Complementares, de acordo com as normas reguladoras próprias, integralizadas a partir do primeiro período do 1º ano do Fundamental.
  As atividades complementares deverão ser contabilizadas até o último semestre do Curso Profissional, conforme data prevista no calendário escolar/administrativo do ITA para entrega de requerimento pelo aluno.

3. CURRÍCULO PROPOSTO PARA 2022

3.5 Curso de Engenharia Civil – Aeronáutica

Legislação

Decreto nº 27.695, de 16 de janeiro de 1950

Lei nº 2.165, de 5 de janeiro de 1954

Portaria nº 113/GM3, de 14 de novembro de 1975, Min. Aer.

Parecer nº 326/81 CFE (equivalência de curso)

Decisão PL 3235/2003 CONFEA

Currículo Aprovado

1º Ano Profissional – 1º Período Classe 2024

EDI-31	Análise Estrutural I	3 – 0 – 1 – 5
EDI-33	Materiais e Processos Construtivos	4 – 0 – 2 – 5
EDI-37	Soluções Computacionais de Problemas da Engenharia Civil	1 – 0 – 2 – 5
EDI-64	Arquitetura e Urbanismo	2 – 0 – 1 – 3
GEO-31	Geologia de Engenharia	2 – 0 – 2 – 3
HID-31	Fenômenos de Transporte	5 – 0 – 1 – 5
		17 + 0 + 9 = 26

1º Ano Profissional – 2º Período – Classe 2024

EDI-32	Análise Estrutural II	3 – 0 – 1 – 5
EDI-38	Concreto Estrutural I	4 – 0 – 1 – 5
GEO-36	Engenharia Geotécnica I	3 – 0 – 2 – 3
HID-32	Hidráulica	3 – 0 – 1 – 3
TRA-39	Planejamento e Projeto de Aeroportos	2 – 1 – 1 – 5
		15 + 1 + 6 = 22

2º Ano Profissional – 1º Período Classe 2023

EDI-49	Concreto Estrutural II	3 – 0 – 2 – 5
GEO-45	Engenharia Geotécnica II	4 – 0 – 1 – 3
GEO-47	Topografia e Geoprocessamento	2 – 0 – 2 – 3
HID-41	Hidrologia e Drenagem	4 – 0 – 1 – 3
HID-44	Saneamento	4 – 0 – 2 – 4
~~EDI-66~~	~~Laboratório de Materiais de Construção~~	~~0 – 0 – 2 – 1~~
~~EDI-67~~	~~Análise Estrutural III~~	~~0 – 0 – 1 – 1~~
		17 + 0 + ~~11~~8 = ~~28~~25

2º Ano Profissional – 2º Período Classe 2023

EDI-46	Estruturas de Aço	3 – 0 – 1 – 2
GEO-48	Engenharia de Pavimentos	2 – 0 – 2 – 2
GEO-55	Projeto e Construção de Pistas	2 – 0 – 2 – 3
HID-43	Instalações Prediais	4 – 0 – 2 – 3
TRA-46	Economia Aplicada	3 – 0 – 1 – 4
TRA-48	Inteligência Analítica: Dados, Modelos e Decisões	2 – 0 – 1 – 4
~~GEO-61~~	~~Laboratório de Engenharia Geotécnica~~	~~0 – 0 – 3 – 1~~
		16 + 0 + ~~12~~9 = ~~28~~25

Com relação ao 3o Ano Profissional e sujeito à aprovação do Conselho do Curso de Engenharia Civil-Aeronáutica, o aluno deverá escolher uma das seguintes opções:

Opção A – TG, disciplinas obrigatórias, disciplinas eletivas, Atividades Complementares e Estágio Curricular Supervisionado. As disciplinas eletivas são de livre escolha do aluno, devendo totalizar um mínimo de 64 horas-aula. * O aluno deverá comprovar um mínimo de 80 horas de Atividades Complementares de acordo com as normas vigentes. O Estágio deverá ser em Engenharia Civil com um mínimo de 500 horas, no exterior ou no País, de acordo com as normas vigentes e cumprido obrigatoriamente após o término do 2o Ano Profissional e antes do início do 2o período letivo do 3o Ano Profissional.

Opção B – TG, disciplinas obrigatórias, disciplinas eletivas, Atividades Complementares e Estágio Curricular Supervisionado. As disciplinas eletivas são de livre escolha do aluno, devendo totalizar um mínimo de 352 horas-aula. * O aluno deverá comprovar um mínimo de 80 horas de Atividades Complementares de acordo com as normas vigentes. O Estágio deverá ser em Engenharia Civil com um mínimo de 160 horas de acordo com as normas vigentes e cumprido obrigatoriamente após o término do 1o Ano Profissional e antes do início do 2o período letivo do 3o Ano Profissional.

* O total de horas-aula eletivas inclui aquelas eventualmente cursadas no Fundamental.

3º Ano Profissional – 1º Período-Classe 2022 – Opção A

TG-1	Trabalho de Graduação (Nota 3 e 5)	0 – 0 – 8 – 4
		0 + 0 + 8 = 8

3º Ano Profissional – 2º Período-Classe 2022 – Opção A

TG-2	Trabalho de Graduação (Nota 5)	0 – 0 – 8 – 4
EDI-48	Planejamento e Gerenciamento de Obras	2 – 0 – 1 – 5
GED-61	Administração em Engenharia	3 – 0 – 0 – 4
GEO-53	Engenharia de Fundações	2 – 0 – 1 – 3
HID-53	Análise Ambiental de Projetos	1 – 0 – 1 – 4
HUM-20	Noções de Direito	3 – 0 – 0 – 3
TRA-57	Operações em Aeroportos	0 – 0 – 2 – 3
		11 + 0 + 13 = 24

3º Ano Profissional – 1º Período-Classe 2022 – Opção B

TG-1	Trabalho de Graduação (Nota 3 e 5)	0 – 0 – 8 – 4
GED-61	Administração em Engenharia	3 – 0 – 0 – 4
HUM-20	Noções de Direito	3 – 0 – 0 – 3
	parcial:	6 + 0 + 8 = 14

3º Ano Profissional – 2º Período-Classe 2022 – Opção B

TG-2	Trabalho de Graduação (Nota 5)	0 – 0 – 8 – 4
EDI-48	Planejamento e Gerenciamento de Obras	2 – 0 – 1 – 5
GEO-53	Engenharia de Fundações	2 – 0 – 1 – 3
HID-53	Análise Ambiental de Projetos	1 – 0 – 1 – 4
TRA-57	Operações em Aeroportos	0 – 0 – 2 – 3
	parcial:	5 + 0 + 13 = 18

~~Disciplinas obrigatórias, oferecidas em caráter excepcional devido à pandemia de COVID-19~~

~~EDI-66~~	~~Laboratório de Materiais de Construção~~	~~0 – 0 – 2 – 1~~

~~EDI-67~~	~~Análise Estrutural III~~	~~0 – 0 – 1 – 1~~
~~GEO-61~~	~~Laboratório de Engenharia Geotécnica~~	~~0 – 0 – 3 – 1~~

~~a) Alunos que foram aprovados na disciplina EDI-32, em 2020, deverão cursar com aproveitamento a EDI-67, em período a ser estabelecido pela Coordenação do Curso.~~
~~b) Alunos que foram aprovados na disciplina EDI-33, em 2020, deverão cursar com aproveitamento a EDI-66, em período a ser estabelecido pela Coordenação do Curso.~~
~~c) Alunos que foram aprovados na disciplina GEO-36, em 2020, deverão cursar com aproveitamento a GEO-61, em período a ser estabelecido pela Coordenação do Curso.~~

Disciplinas Eletivas - IEI

EDI-65	Pontes	2 – 0 – 2 – 3

3.9 Notas

Nota 1 - O aluno que estiver cursando o CPOR/SJ será dispensado da obrigatoriedade de Práticas Desportivas. Aos alunos dos demais anos dos Cursos Fundamental e Profissional serão proporcionados orientação e estímulo à participação em modalidades desportivas.

Nota 2 - Disciplina sem controle de presença.

Nota 3 - Disciplina cujo aproveitamento final será feito através de conceito Satisfatório ou Não Satisfatório (S/NS).

Nota 4 - Disciplina dispensada de exame final.

Nota 5 - O TG – Trabalho de Graduação – é regulado por normas próprias e deverá ser um projeto coerente com a sua habilitação, sendo considerado atividade curricular obrigatória.

Nota 6 - Disciplina avaliada em etapa única.

Nota 7 - Disciplina obrigatória oferecida somente às Turmas 1 e 2.

Nota 8 - Disciplina obrigatória oferecida somente às Turmas 3 e 4.

TG-1 – Trabalho de Graduação 1 (Nota 3 e 5) – Requisito: Não há – Horas semanais: 0-0-8-4. Detalhamento da proposta do Trabalho de Graduação: definição de hipótese, objetivos, revisão bibliográfica, critérios de sucesso e análise de riscos, definição da metodologia e cronograma de atividades. Defesas escrita e oral da proposta. **Bibliografia:** Materiais selecionados pelo orientador e pelo aluno.

TG-2 – Trabalho de Graduação 2 (Nota 5) – Requisito: TG-1 – Horas semanais: 0-0-8-4. Execução da proposta definida em TG-1: desenvolvimento, análise e discussão de resultados. Defesas escrita e oral do Trabalho de Graduação. **Bibliografia:** Materiais selecionados pelo orientador e pelo aluno.

6. EMENTAS DAS DISCIPLINAS

6.5 Divisão de Engenharia Civil (IEI)

6.5.1 Departamento de Estruturas e Edificações (IEI-E)

EDI-31 - Análise Estrutural I. *Requisito:* EST-10. *Horas semanais*: 3-0-1-5. Conceitos fundamentais. Teoria de vigas de Euler-Bernoulli e de Timoshenko. Estruturas isostáticas: vigas, pórticos, grelhas e treliças. Cálculo variacional. Princípio dos deslocamentos virtuais e alguns teoremas correlatos. Estruturas hiperestáticas: método das forças. **Bibliografia**: ALLEN, D. H.; HAISLER, W. E. *Introduction to aerospace structural analysis*. New York: John Wiley, 1985. WUNDERLICH, W.; PILKEY, W. D. *Mechanics of structures: variational and computational methods*. Boca Raton: CRC Press, 2002.

EDI-32 - Análise Estrutural II. *Requisito:* EDI-31. *Horas semanais*: 3-0-1-5. Estabilidade do equilíbrio das estruturas: carga crítica - ponto de bifurcação e ponto limite; sensibilidade a imperfeição. Métodos dos resíduos ponderados e de Ritz. Método dos elementos finitos. **Bibliografia**: CHAJES, A. *Principles of structural stability theory*. Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1974. REDDY, J. N. *An introduction to the finite element method*. 3. ed. New York: McGraw-Hill, 2006.

EDI-33 - Materiais e Processos Construtivos. *Requisito*: QUI-28. *Horas semanais*: 4-0-2-5. Conceitos de Engenharia e Ciência de Materiais aplicados a Materiais de Construção Civil. Normalização. Técnicas de caracterização de materiais. Aglomerantes minerais. Agregados. Aditivos e adições. Argamassas. Concreto. Aço. Materiais betuminosos. Materiais cerâmicos. Madeiras. Tintas e vernizes. Vidro. Desempenho e Durabilidade. Vida útil. Ciclo de vida. Processos construtivos. **Bibliografia**: CALLISTER JR, W. D.; RETHWISCH, D. G. *Materials science and engineering:* an introduction. 9. ed. Hoboken: John Wiley, 2014. ISAIA, G. C. *Materiais de construção civil e princípios de ciência e engenharia de materiais*. 2. ed. São Paulo: IBRACON, 2010. v. 1 e 2. DAMONE, P.; ILLSTON, J. *Construction materials:* their nature and behavior. 4. ed. New York: Spon Press, 2010.

EDI-37 - Soluções Computacionais de Problemas da Engenharia Civil. *Requisito*: *CCI-22*. *Horas semanais*: 1-0-2-5. Problema de valor inicial e de valor de contorno. Discretização. Aplicação de sistemas lineares: métodos diretos (decomposição LU e de Cholesky); métodos iterativos e gradiente conjugado; problema de autovalor; normas, análise de erro e condicionamento. Aplicação de sistemas não lineares: Newton-Raphson; secante; comprimento de arco; ajuste de curvas e redes neurais artificiais. Prática de otimização e simulação: programação matemática; algoritmos genéticos e método de Monte Carlo. **Bibliografia**: STRANG, G. *Computational science and engineering*. Wellesley: Wellesley-Cambridge Press, 2007. KINCAID, D.; CHENEY, W. *Numerical analysis:* mathematics of scientific computing. Pacific Grove: Brooks Cole, 2001. CHAPRA, S. C.; CANALE, R. P. *Numerical methods for engineers:* with software and programming applications. New York: McGraw-Hill, 2002.

EDI-38 - Concreto Estrutural I. *Requisitos: EDI-31, EDI-33, EDI-37. Horas semanais*: 4-0-1-5. Estados limites: conceituação, hipóteses, segurança, critérios de resistência, equações constitutivas - aço e concreto. Flexão normal simples: armadura simples e dupla. Flexão normal composta: armadura simétrica e assimétrica. Flexão oblíqua composta: estudo geral e simplificado. Estado Limite Último de Instabilidade: conceituação, aplicação das diferenças finitas e do pilar padrão. **Bibliografia:** SANTOS, L. M. *Cálculo de concreto armado*. São Paulo: LMS, 1983. MENDES NETO, F. *Concreto estrutural I*. São José dos Campos: ITA, 2011. MENDES NETO, F. *Concreto estrutural avançado:* análise de seções transversais sob flexão normal composta. São Paulo: Pini, 2009.

EDI-46 - Estruturas de Aço. *Requisitos:* EDI-32, EDI-37. *Horas semanais*: 3-0-1-2. O aço. Princípios gerais do projeto estrutural. Peças sob tração. Peças sob compressão. Peças sob flexão. Ligações parafusadas. Ligações soldadas. Vigas mistas aço-concreto. Projeto de uma estrutura. **Bibliografia**: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TECNICAS. *NBR-8800*: projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios. Rio de Janeiro, 2008. MCCORMAC, J. C.; NELSON, J. K. *Structural steel design:* LRFD method. Upper Saddle-River: Prentice-Hall, 2002. PFEIL,

W.; PFEIL, M. *Estruturas de aço:* dimensionamento prático de acordo com a NBR 8800: 2008. Rio de Janeiro: LTC, 2009.

EDI-48 - Planejamento e Gerenciamento de Obras. *Requisito:* EDI-33. *Horas semanais*: 2-0-1-5. Normas relacionadas com o processo construtivo. Projetos: tipos, planejamento, rede Pert-Cpm (Project Evaluation Review Technique - Critical Path Method) e o PMBOK (*Project Management Body of Knowledge*). Controle e acompanhamento de obras, Administração de obras, ferramentas computacionais. Trabalhos preliminares: canteiro de obra – organização, projeto e implantação. Planejamento: sequência de trabalhos e de execução, ferramentas computacionais. Gerenciamento: organização dos trabalhos, produtividade, dimensionamento de equipes e continuidade dos trabalhos, ferramentas computacionais. Processos construtivos não convencionais. Orçamentação: tipos e cronograma físico-financeiro, ferramentas computacionais e disponíveis na Internet (acesso livre). Conceitos relacionados com conforto térmico e acústico e sustentabilidade: definições, aplicabilidade, projeto, implicações, normalização, impacto ambiental, construções auto-sustentáveis. BIM (*Building Information Modelling*): definição e utilização como ferramenta de pré-visualização e pós-gerenciamento. **Bibliografia**: ~~CIMINO, R. Planejar para construir. São Paulo: Pini, 1987.~~ MATTOS, A. D. Planejamento e controle de obras. São Paulo, Oficina de Textos, 2019. MATTOS, A. D. Como Preparar Orçamentos de Obras. São Paulo, Oficina de Textos, 2019. TCPO - Tabelas de composições de preços para orçamentos. 13 ed. São Paulo: Pini, 2013. ~~VARALLA, R. Planejamento e controle de obras. São Paulo: CTE, 2004.~~

EDI-49 - Concreto Estrutural II. *Requisito:* EDI-38. *Horas semanais*: 3-0-2-5. Concreto protendido: comportamento estrutural, armadura de protensão, dimensionamento e verificação de seções no regime elástico, disposição longitudinal da armadura, análise de seções no Estado Limite Último, cálculo das perdas de protensão. Projeto: idealização da estrutura, avaliação dos carregamentos, dimensionamento e detalhamento dos elementos estruturais; cisalhamento devido ao esforço cortante; cálculo prático de pilares: estabilidade global, excentricidades, simplificações para pilares curtos e medianamente esbeltos; fundações. **Bibliografia:** ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TECNICAS. *NBR-6118*: projeto de estruturas de concreto. São Paulo, 2007. NAAMAN, A. E. *Prestressed concrete analysis and design:* fundamentals. New York: McGraw-Hill, 1982. FUSCO, P. B. *Estruturas de concreto:* solicitações tangenciais. São Paulo: Pini, 2008.

EDI-64 - Arquitetura e Urbanismo. *Requisito:* MPG-03. *Horas semanais*: 2-0-1-3. A arquitetura e o urbanismo como instrumentos de organização e adequação dos espaços para as atividades humanas. O academicismo e o movimento moderno e seus reflexos na produção arquitetônica e urbanística. Bioclimatismo e arquitetura: as decisões de projeto e impactos ambientais nas escalas do edifício e do espaço urbano, especialmente em áreas aeroportuárias. Elementos básicos de representação de projetos arquitetônicos e urbanísticos: planos, plantas, cortes, fachadas, detalhes e escalas. Instrumentos legais básicos de regulamentação do controle da ocupação e uso do solo. Representação gráfica: instrumental convencional e aplicação da informática na elaboração e representação de projetos. **Bibliografia**: GIEDION, S. *Espaço, tempo e arquitetura:* o desenvolvimento de uma nova tradição. São Paulo: Martins Fontes, 2004. MASCARO, L. R. *Luz, clima e arquitetura*. São Paulo: Studio Nobel, 1990. RYKWERT, J. *A sedução do lugar*. São Paulo: Martins Fontes, 2004. Coleção A.

EDI-65 - Pontes. *Requisitos:* EDI-46, EDI-49. *Horas semanais*: 2-0-2-3. Materiais e métodos construtivos. Normas. Classificação conforme uso e sistema estrutural. Trem-tipo e linhas de influência. Projeto de uma ponte em viga isostática em concreto armado. Projeto de uma ponte em grelha em concreto protendido. **Bibliografia**: MASON, J. *Pontes em concreto armado e protendido*. Rio de Janeiro: LTC, 1977. MASON, J. *Pontes metálicas e mistas em viga reta*. Rio de Janeiro: LTC, 1976. MARCHETTI, O. *Pontes de concreto armado*. São Paulo: Edgard Blücher, 2008.

~~**EDI-66 - Laboratório de Materiais de Construção**. *Requisito*: EDI-33. *Horas semanais*: 0-0-2-1. Normalização. Variabilidade. Propriedades mecânicas dos materiais. Dosagem e controle tecnológico do concreto. **Bibliografia**: CALLISTER JR, W. D.; RETHWISCH, D. G. *Materials science and engineering:* an introduction. 9. ed. Hoboken: John Wiley, 2014. ISAIA, G. C. *Materiais de construção civil e princípios de ciência e engenharia de materiais*. 2. ed. São~~

~~Paulo: IBRACON, 2010. v. 1 e 2. DAMONE, P.; ILLSTON, J. *Construction materials:* their nature and behavior. 4. ed. New York: Spon Press, 2010.~~

~~**EDI-67 - Análise Estrutural III.** *Requisito*: EDI-32. *Horas semanais*: 0-0-1-1. Determinação experimental: deslocamentos e deformações em grelha curva e pórtico espacial; carga de flambagem de colunas. **Bibliografia:** DALLY, J. W.; RILEY, W. F. *Experimental stress analysis.* 4th ed. Knoxville: College House Interprises, 2005.~~

6.5.2 Departamento de Geotecnia (IEI-G)

GEO-31 - Geologia de Engenharia. *Requisito:* Não há. *Horas semanais*: 2-0-2-3. Introdução. A Terra. Ciclo das rochas. Tipos e propriedades dos minerais. Rochas ígneas. Intemperismo. Rochas sedimentares. Rochas metamórficas. Estrutura, faturamento e falhas. Solos. Textura. Argilo-minerais. Solos residuais. Saprolíticos. Laterização. Aluviões. Argilas moles. Colúvio. Investigação de campo, métodos diretos e indiretos. Perfis estratigráficos. Outros ensaios de campo e ensaios de laboratório. Introdução à Engenharia Geotécnica nos projetos e obras de estradas e pistas, estabilidade de encostas, fundações, barragens e túneis. **Bibliografia**: CHIOSSI, N. *Geologia de engenharia*. 3. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2013. OLIVEIRA, A. M. S.; BRITO, S. N. A. (ed.) *Geologia de engenharia*. São Paulo: ABGE, 1998. WICANDER, R.; MONROE, J.S. *Fundamentos de geologia*. São Paulo: CENGAGE Learning, 2009.

GEO-36 - Engenharia Geotécnica I. *Requisito:* GEO-31. *Horas semanais*: 3-0-2-3. Introdução à Engenharia Geotécnica. Granulometria. Índices físicos. Plasticidade. Compacidade de areias e consistência de argilas. Classificação dos solos. Compactação. Ensaios Proctor. Compactação de campo. Controle de compactação. Comportamento de obras de terra. Resiliência. Condutividade hidráulica e percolação em meios porosos. Permeâmetros. Redes de fluxo. Anisotropia. Força de percolação. Filtros. Controle e proteção do fluxo em obras de terra. Princípio das tensões efetivas. Estado geostático de tensões. Tensões induzidas por carregamentos aplicados. Trajetórias de tensões. Extração e preparação de amostras. Adensamento. Ensaio de adensamento. Compressibilidade e previsão de recalques. Adensamento no tempo. Adensamento radial. Aceleração de recalques. Tratamento de solos moles. **Bibliografia**: LAMBE, T. W.; WHITMAN, R. V. *Soil mechanics*. New York: John Wiley, 1979. DAS, B. M. *Fundamentos de engenharia geotécnica.* São Paulo: Cengage, 2010.

GEO-45 - Engenharia Geotécnica II. *Requisito:* GEO-36. *Horas semanais*: 4-0-1-3. Resistência e deformabilidade do solo sob tensões cisalhantes. Introdução aos modelos de estados críticos. Ensaios de campo e laboratório: propriedades dos solos e correlações. Análise limite e equilíbrio limite. Dimensionamento em Geotecnia: estabilidade de taludes em solo e rocha. Escavações a céu aberto e estruturas de contenção. Reforço de solos. Projetos com geossintéticos: dimensionamento e fatores de redução. Aplicação do método dos elementos finitos em geotecnia. Instrumentação e desempenho de obras geotécnicas. Contaminação do solo e águas subterrâneas. Disposição de resíduos sólidos. **Bibliografia**: SHARMA, H. D.; REDDY, K. R. *Geoenvironmental engineering:* site remediation, waste containment, and emerging waste management technologies. New York: John Wiley, 2004. LAMBE, T. W.; WHITMAN, R. V. *Soil mechanics*. New York: John Wiley, 1979. WOOD, D. M. *Soil behaviour and critical state soil mechanics*. Cambridge: University Press, 1996.

GEO-47 - Topografia e Geoprocessamento. *Requisito:* Não há. *Horas semanais*: 2-0-2-3. Topografia: definições, métodos de medição de distâncias e ângulos, equipamentos de campo, levantamentos utilizando poligonais, nivelamento. Geodésia. Projeções cartográficas. Sistema de coordenadas UTM. Sistema de posicionamento global (GPS). Introdução ao geoprocessamento e ao sensoriamento remoto: histórico, representações conceituais e computacionais do espaço geográfico. Princípios físicos: energia eletromagnética, espectro eletromagnético e radiometria básica. Visualização e interpretação: histograma de uma imagem, contraste e realce, teoria aditiva da cor, composições coloridas, comportamento espectral de alvos e coleta de dados em campo. Sistemas sensores aerotransportados e orbitais: características básicas e bases de dados disponíveis. Operações com dados geográficos: modelagem numérica de terrenos, álgebra de mapas, inferência geográfica. **Bibliografia**: MCCORMAC, J. C. *Topografia*. 5. ed. Rio de Janeiro: LCT, 2007. CÂMARA, G. et al. *Introdução à ciência da geoinformação*. 2. ed. São

José dos Campos: INPE, 2001. JENSEN, J. R. *Sensoriamento remoto do ambiente:* uma perspectiva em recursos terrestres. São José dos Campos: Editora Parêntese, 2009. (Traduzido para o português por J. C. N. Epiphanio, A. R. Formaggio, A. R. Santos, B. F. T. Rudorff, C. M. Almeida e L. S. Galvão).

GEO-48 - Engenharia de Pavimentos. *Requisito:* GEO-36. *Horas semanais*: 2-0-2-2. Conceitos gerais e atividades da engenharia de pavimentos. Estabilização de solos e de materiais granulares. Tipos de estruturas de pavimentos rodoviários, aeroportuários e ferroviários. Princípios da mecânica e do desempenho dos pavimentos. Projeto estrutural e especificação de materiais. Projeto de misturas asfálticas e de materiais cimentados. Construção de pavimentos e controles tecnológico e de qualidade. Análise econômica das alternativas. Sistemas de gerência de infraestrutura. Atividades envolvidas na gerência de pavimentos. Técnicas para manutenção (conservação e restauração) de pavimentos. Avaliação estrutural e funcional. Análise de consequências de estratégias alternativas e otimização da alocação de recursos. Projeto de restauração de pavimentos asfálticos e de concreto. Método ACN/PCN da ICAO. **Bibliografia**: UNITED STATES. Federal Aviation Administration. *AC 150/5320-6D/6E/6F: airport pavement design and evaluation*. Washington, DC: FAA, 1996. RODRIGUES, R. M. *Engenharia de pavimentos*. São José dos Campos: ITA, 2012. SHAHIN, M. Y. *Pavement management for airports, roads and parking lots*. New York: Chapman and Hall, 1994.

GEO-53 - Engenharia de Fundações. *Requisito:* GEO-45. *Horas semanais*: 2-0-1-3. Fatores a serem considerados e sistemática do projeto de fundações. Exploração do subsolo. Tipos de fundações e aspectos construtivos. Capacidade de carga e recalque de fundações rasas e profundas. Projeto de fundações rasas. Projeto de fundações profundas. Dimensionamento geométrico dos elementos de fundações. Projetos determinísticos e probabilísticos. Reforço de fundações. **Bibliografia**: HACHICH, W. et al. *Fundações:* teoria e prática. São Paulo: Pini, 1996. SCHNAID, F. *Ensaios de campo e suas aplicações à engenharia de fundações*. São Paulo: Oficina de Textos, 2000. TOMLINSON, M. J.; BOORMAN, I. R. *Foundation design and construction*. 7. ed. London: Longman Group, 2001.

GEO-55 - Projeto e Construção de Pistas. *Requisito:* GEO-47. *Horas semanais*: 2-0-2-3. Projeto geométrico de estradas: elementos geométricos, características técnicas, curvas horizontais circulares simples e compostas, curvas de transição, superelevação, superlargura, curvas verticais e coordenação de alinhamentos horizontal e vertical. Terraplenagem: escolha de eixo e traçado de perfis longitudinais e seções transversais, cálculo de volumes, compensação de cortes e aterros, diagrama de massas, momento de transporte, equipamentos, produtividade, dimensionamento de equipes de máquinas, custos horários de equipamentos, custos unitários de serviços e cronograma físico-financeiro. **Bibliografia**: SENÇO, W. *Manual de técnicas de projetos rodoviários*. São Paulo: Pini, 2008. PONTES FILHO, G. *Estradas de rodagem:* projeto geométrico. São Carlos: BIDIM, 1998. BRASIL. Ministério dos Transportes. Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. *Manual de projeto geométrico de rodovias rurais*. Rio de Janeiro: DNER, 1999. RICARDO, H. S.; CATALANI, G. *Manual prático de escavação*. 3. ed. São Paulo: Pini, 2007.

~~**GEO-61 - Laboratório de Engenharia Geotécnica.** *Requisito*: GEO-36. *Horas semanais*: 0-0-3-1. Identificação e caracterização de materiais geotécnicos (minerais, rochas e solos). Amostragem de materiais geotécnicos. Caracterização de solos. Determinação de índices físicos. Limites de Atterberg. Ensaio de Compactação. Controle de compactação. Compacidade relativa. Permeabilidade dos solos **Bibliografia**: CHIOSSI, N., *Geologia de engenharia*. 3. Ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2013. LAMBE, T. W.; WHITMAN, R. V. *Soil mechanics*. New York: John Wiley, 1979. DAS, B. M. *Fundamentos de engenharia geotécnica*. São Paulo: Cengage, 2010.~~

6.5.3 Departamento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental (IEI-H)

HID-31 - Fenômenos de Transporte. *Requisito:* MEB-01. *Horas semanais*: 5-0-1-5. Ciclos Motores e de Refrigeração. Misturas de Gases. Conceitos fundamentais e propriedades gerais dos fluidos, lei da viscosidade de Newton, arrasto viscoso. Campos escalar, vetorial e tensorial, forças de superficie e de campo. Estática dos fluidos. Fundamentos de análise de escoamentos: representação de Euler e de Lagrange, leis básicas para sistemas e volumes de controle;

conservação da massa, da quantidade de movimento e do momento da quantidade de movimento – aplicações no estudo de máquinas de fluxo (propulsão de hélices, turbinas a gás e foguetes); a equação de Bernoulli e sua extensão a escoamentos tridimensionais. Introdução ao estudo de escoamentos viscosos incompressíveis, equações de Navier-Stokes. Elementos de análise dimensional e semelhança, o teorema dos pi's de Buckingham, grupos adimensionais de importância, significados físicos, aplicações práticas. Métodos experimentais na mecânica dos fluidos. Conceitos e leis fundamentais da transferência de calor. Transferência de calor por condução, convecção e radiação. Transferência de massa. **Bibliografia**: BIRD, R. B.; STEWART, W. E.; LIGHTFOOT, E. N. *Fenômenos de transporte*. 2.ed. Rio de Janeiro: Livro Técnico e Científico, 2004. BORGNAKKE, C.; SONNTAG, R. E. *Fundamentos da termodinâmica*. 7.ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2009. BEJAN, A. *Transferência de calor*. São Paulo: Edgard Blücher, 1996.

HID-32 - Hidráulica. *Requisito:* HID-31*. Horas semanais*: 3-0-1-3. Escoamento em condutos forçados: perdas de carga distribuídas e localizadas, fórmula universal, fórmulas empíricas, ábacos, órgãos acessórios das instalações. Sistemas hidráulicos de tubulações. Instalações de recalque: bombas hidráulicas, curvas características, seleção, montagem, diâmetro econômico, cavitação. Golpe de aríete: cálculo da sobrepressão e dispositivos antigolpe. Escoamento em condutos livres: equação básica de Chèzi, fórmulas empíricas, regimes torrencial e fluvial. Energia específica. Ressalto hidráulico e remanso. Escoamento em orifícios, bocais e tubos curtos. Vertedores. Hidrometria: medida de vazão em condutos forçados, livres e em cursos d'água. **Bibliografia**: PORTO, R. M. *Hidráulica básica*. 4. ed. São Carlos: EESC-USP, 2006. AZEVEDO NETTO, J. M.; ALVAREZ, G. A. *Manual de hidráulica.* 8. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1998.

HID-41 - Hidrologia e Drenagem. *Requisito:* HID-32*. Horas semanais*: 4-0-1-3. O ciclo hidrológico. Características das bacias hidrográficas. Precipitação, infiltração, evaporação e evapotranspiração, escoamento subsuperficial e águas subterrâneas. Hidrologia estatística e distribuição dos valores extremos. Mudanças Climáticas. Escoamento superficial: grandezas características, estimativa de vazões, características dos cursos d'água e previsão de enchentes. Curva de permanência. Hidrometria de cursos d'água e obtenção da curva-chave. Drenagem superficial: elementos constitutivos dos sistemas de micro e macrodrenagem e parâmetros de projeto. Medidas de controle de inundações estruturais e não-estruturais. Aquaplanagem em pistas rodoviárias e aeroportuárias. Drenagem subterrânea: rebaixamento do lençol freático, sistemas de poços, sistemas de ponteiras, galerias de infiltração, drenos transversais, drenos longitudinais e critérios de dimensionamento de filtros de proteção. Projeto de drenagem de aeroportos e de drenagem urbana. **Bibliografia**: TUCCI, C. E. M. *Hidrologia:* ciência e aplicação. São Paulo: EDUSP, 1995. TUCCI, C. E. M.; PORTO, R. L. L.; BARROS, M. T. *Drenagem urbana*. Porto Alegre: ABRH - UFRGS, 1995. CHOW, V. T. *Applied hydrology*. New York: McGraw-Hill, 1988.

HID-43 - Instalações Prediais. *Requisitos:* EDI-64*,* HID-32*. Horas semanais*: 4-0-2-3. Compatibilização entre projetos. Dimensionamento de instalações prediais de água fria e quente, de esgoto, de prevenção e combate a incêndio e de águas pluviais. Circuitos elétricos monofásicos e trifásicos. Diagramas elétricos, proteção, aterramento e fundamentos de sistemas de proteção contra descargas atmosféricas. Dimensionamento de instalações elétricas prediais e luminotécnica. Instalações prediais de gases combustíveis (GLP - Gás Liquefeito de Petróleo e Gás Natural - GN). Materiais empregados nas instalações. Condicionamento de ar: finalidade, carga térmica, sistemas de condicionamento, equipamentos, condução e distribuição de ar, equipamento auxiliar, tubulações, torre de arrefecimento, sistemas de comando e controle. Noções sobre construções bioclimáticas. Conservação e uso racional de água em edificações. **Bibliografia**: KUEHN, T. H.; RAMSEY, J. W.; THRELKELD, J. L. *Thermal environmental engineering*. New Jersey: Prentice-Hall, 1998. MACINTYRE, A. J. *Instalações hidráulicas prediais e industriais*. 4. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2010. NISKIER, J. E.; MACINTYRE, A. J. *Instalações elétricas*. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2013.

HID-44 - Saneamento. *Requisito:* HID-32*. Horas semanais*: 4-0-2-4. Sistema de abastecimento de água: aspectos sanitários, alcance de projeto, previsão de população, taxas e tarifas, captação superficial e subterrânea, adução, recalque, tratamento de água (tecnologia de tratamento em ciclo completo: coagulação, floculação, decantação, filtração, desinfecção, fluoração e estabilização final), reservação, distribuição. Projeto de sistema de abastecimento de água. Sistema de esgotamento sanitário: aspectos sanitários, coletores, interceptores, emissários, estações elevatórias, processos de tratamento aeróbios e anaeróbios e disposição final. Projeto de sistemas de coleta e tratamento de esgotos. Resíduos sólidos urbano e aeroportuário: tratamento e disposição final. **Bibliografia:** DI

BERNARDO, L.; DANTAS, A. D. B. *Métodos e técnicas de tratamento de água*. 2. ed. São Carlos: RIMA, 2005. v.1-2. TSUTIYA, M. T.; ALEM SOBRINHO, P. *Coleta e transporte de esgoto sanitário*. 2. ed. São Paulo: POLI/USP, 2000. TSUTIYA, M. T. *Abastecimento de água*. 2. ed. São Paulo: POLI/USP, 2005.

HID-53 - Análise Ambiental de Projetos. *Requisito:* Não há. *Horas semanais*: 1-0-1-4. Legislação ambiental. Avaliação de Impactos Ambientais (AIA): metodologias, estudos de impactos e relatório de impacto ambiental (EIA/RIMA). Análise e gerenciamento de riscos ambientais. Avaliação ambiental estratégica. Análise econômico-ambiental de grandes empreendimentos de infraestrutura. Resolução de problemas e estudos de caso. **Bibliografia**: BRAGA, B. *et al*. *Introdução à engenharia ambiental*. 2. ed. São Paulo: Pearson Prentice-Hall, 2005. FOGLIATI, M. C. *et al. Avaliação de impactos ambientais:* aplicação aos sistemas de transporte. Rio de Janeiro: Interciência, 2004. SERÔA DA MOTTA, R. *Manual para valoração econômica de recursos ambientais*. Brasília, DF: MMA, 1998.

HID-63 - Meio Ambiente e Sustentabilidade no Setor Aeroespacial. *Requisito:* Não há. *Horas semanais*: 3-0-0-3. Tópicos em Ecologia. História ambiental. Desenvolvimento econômico e sustentabilidade. Estado-da-arte na temática ambiental: desafios, polêmicas e ações. Legislação ambiental. Avaliação de Impactos Ambientais (AIA): metodologias, estudos de impactos e relatório de impacto ambiental. Economia ecológica: estudos de caso e resolução de problemas. Contribuição do setor aeronáutico nas emissões atmosféricas de poluentes. Emissões de poluentes em motores aeronáuticos (CO, NOx, UHC, fuligem e CO2). Tecnologias atuais e futuras para controle das emissões. Influência dos parâmetros operacionais de motores e do envelope de vôo nas emissões. Questões ambientais na operação de veículos aeroespaciais. Impactos ambientais relacionados com lançamento de veículos espaciais. Cuidados especiais com propelentes tóxicos. **Bibliografia**: FOGLIATI, M. C. *et al. Avaliação de impactos ambientais:* aplicação aos sistemas de transporte. Rio de Janeiro: Interciência, 2004. SERÔA DA MOTTA, R. *Manual para valoração econômica de recursos ambientais*. Brasília, DF: MMA, 1998. ICAO. *Aircraft engine emissions databank.* Civil Aviation Authority. 2005. Disponível em: www.caa.co.uk/.

HID-65 - Engenharia para o Ambiente e Sustentabilidade. *Requisito:* Não há. *Horas semanais*: 2-1-0-3. Tópicos em Ecologia. História ambiental. Desenvolvimento econômico e sustentabilidade. Estado-da-arte na temática ambiental: desafios, polêmicas e ações. Legislação ambiental. Avaliação de Impactos Ambientais (AIA): metodologias, estudos de impactos e relatório de impacto ambiental. Economia ecológica. Estudos de caso e resolução de problemas: eletrônica e computação aplicadas ao monitoramento e análise ambiental. **Bibliografia**: BRAGA, B. *et al*. *Introdução à engenharia ambiental*. 2 ed. São Paulo: Pearson Prentice-Hall, 2005. Artigos e relatórios técnicos selecionados pelo professor.

6.5.4 Departamento de Transporte Aéreo (IEI-T)

TRA-39 - Planejamento e Projeto de Aeroportos. *Requisito:* Não há. *Horas semanais*: 2-1-1-5. O aeroporto e o transporte aéreo. Aeronaves: características e desempenho. Zoneamento. Anemograma e plano de zona de proteção. Sinalização diurna e noturna. Capacidade e configurações. Geometria do lado aéreo. Comprimento de pista. Número e localização de saídas. Pátios. Quantificação de posições de estacionamento no pátio. Terminal de passageiros: concepção e dimensionamento. Terminal de cargas e outras instalações de apoio. Meio-fio e estacionamento de veículos. Infra-estrutura básica. Escolha de sítio. Impactos gerados pela implantação de aeroportos. Instalações para operações VTOL (Vertical Takeoff and Landing). Planos diretores. Perspectivas no Brasil. Introdução ao tráfego aéreo. Elaboração e discussão de um projeto aeroportuário. Execução de esquemas funcionais. **Bibliografia**: HORONJEFF, R. *et al*. *Planning and design of airports*. 5. ed. New York: McGraw-Hill, 2010. ASHFORD, N. *et al. Airport engineering*. 4. ed. Hoboken: John Wiley, 2011. KAZDA, A.; CAVES, R. E. *Airport design and operation*. 2. ed. Oxford: Elsevier, 2009.

TRA-46 - Economia Aplicada. *Requisito*: TRA-39. *Horas semanais*: 3-0-1-4. Microeconomia. Modelo de oferta e demanda. Teoria do consumidor: função utilidade; curvas de indiferença; elasticidades da demanda. Teoria da firma:

funções de produção a curto e longo prazos; custos de produção: função de custo; retornos de escala. Mercados: concorrência perfeita e concorrência imperfeita. Regulação econômica. Indicadores da economia: PIB, inflação, desemprego, crescimento econômico, recessão; renda e sua distribuição; mercado de bens: consumo, investimento, gastos do governo. Aplicações aos setores de transporte aéreo e aeroportos: planejamento e operações da aviação comercial; análise econômica da concorrência, regulação e instituições; uso de métodos quantitativos. **Bibliografia**: PINDYCK, R.; RUBINFELD, D. *Microeconomia*. 7.ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2010. BLANCHARD, O. *Macroeconomics*. 7. ed. Boston: Pearson, 2017. HOLLOWAY, S. *Straight and level:* practical airline economics. Aldershot: Ashgate, 2008.

TRA-48 - Inteligência Analítica: Dados, Modelos e Decisões. *Requisito*: Não há. *Horas semanais*: 2-0-1-4. Introdução à análise de decisão e à pesquisa operacional. Programação linear: formulação, propriedades e o método simplex. Modelagem e resolução de problemas de programação linear em planilhas eletrônicas e com auxílio da AMPL (A Modeling Language for Mathematical Programming). Análise de sensibilidade. Modelagem de redes. Análise por envoltória de dados. Introdução à mineração de dados, à ciência de dados e ao aprendizado de máquina. Exploração, caracterização e visualização de dados. Reconhecimento de padrões. Modelos descritivos e preditivos. Classificação. Regressão. Análise de agrupamentos. Exemplos de aplicações em transporte aéreo. **Bibliografia**: TAHA, H. A. *Pesquisa operacional*. 8. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2008. RAGSDALE, C. T. *Modelagem e análise de decisão*. São Paulo: Cengage Learning, 2009. TAN, P.-N.; STEINBACH, M.; KARPATNE, A.; KUMAR, V. *Introduction to data mining*. London: Pearson Education, 2018.

TRA-57 - Operações em Aeroportos. *Requisito:* TRA-39*. Horas semanais*: 0-0-2-3. Caracterização e descrição das operações em um aeroporto. Modelos de administração aeroportuária. Segurança operacional em aeroportos (safety e security). Operações em um terminal de passageiros. Análise de desempenho e de nível de serviço. Simulação de atividades aeroportuárias. Fluxos e processos no terminal de passageiros. Entorno, acesso e meio-ambiente. Planejamento e o futuro de aeroportos. **Bibliografia**: DE NEUFVILLE, R.; ODONI, A. *Airport systems:* planning, design and management. 2. ed. New York: McGraw-Hill, 2013. ASHFORD, N.; STANTON, H. P. M. *Airport operations*. 2. ed. New York: McGraw-Hill, 1996. GRAHAM, A. *Managing airports:* an international perspective. 3. ed. Burlington: Elsevier, 2008.

CURSO DE ENGENHARIA DE COMPUTAÇÃO

LEGISLAÇÃO

Decreto nº 27.695, de 16 de Janeiro de 1950

Lei nº 2.165, de 5 de Janeiro de 1954

Portaria nº 041/GM3, de 17 de Janeiro de 1989, Min. Aer.

CURRÍCULO APROVADO

1º Ano Profissional - 1º Período - Classe 2024

CES-22	**Programação Orientada a Objetos**	**3 – 0 – 2 – 5**
~~**CTC-21**~~	~~**Lógica Matemática e Estruturas Discretas**~~	~~**2 – 0 – 1 – 3**~~
CMC-14	**Lógica Matemática e Estruturas Discretas**	**2 – 0 – 1 – 3**
CES-12	**Algoritmos e Estruturas de Dados II**	**3 – 0 – 1 – 6**
EEA-21	**Circuitos Digitais**	**4 – 0 – 2 – 4**
ELE-52	**Circuitos Eletrônicos I**	**2 – 0 – 2 – 4**
CMC-12	**Controle para Sistemas Computacionais**	**4 – 0 – 2 – 5**
		18 + 0 + 10 = 27

1º Ano Profissional - 2º Período - Classe 2024

CES-28	**Fundamentos de Engenharia de Software**	**3 – 0 – 2 – 5**
CTC-34	**Automata e Linguagens Formais**	**2 – 0 – 1 – 4**
CES-30	**Técnicas de Banco de Dados**	**3 – 0 – 1 – 4**
EEA-25	**Sistemas Digitais Programáveis**	**3 – 0 – 2 – 4**
ELE-53	**Circuitos Eletrônicos II**	**3 – 0 – 2 – 4**
		14 + 0 + 8 = 22

2º Ano Profissional - 1º Período - Classe 2023

CES-25	**Arquiteturas para Alto Desempenho**	**3 – 0 – 0 – 4**
CES-29	**Engenharia de Software**	**2 – 0 – 2 – 5**
CES-33	**Sistemas Operacionais**	**3 – 0 – 1 – 5**
ELE-32	**Introdução a Comunicações**	**4 – 0 – 1 – 5**
EEA-27	**Microcontroladores e Sistemas Embarcados**	**2 – 0 – 2 – 4**
		14 + 0 + 6 = 20

2º Ano Profissional - 2º Período – Classe 2023

CES-27	**Processamento Distribuído**	**2 – 0 – 1 – 4**
~~**CCI-36**~~	~~**Fundamentos de Computação Gráfica**~~	~~**2 – 0 – 1 – 4**~~
CMC-30	**Fundamentos de Computação Gráfica**	**2 – 0 – 1 – 4**
CES-41	**Compiladores**	**3 – 0 – 2 – 5**
CES-35	**Redes de Computadores e Internet**	**3 – 0 – 1 – 5**
~~**CTC-17**~~	~~**Inteligência Artificial**~~	~~**2 – 0 – 2 – 4**~~
CMC-15	**Inteligência Artificial**	**2 – 0 – 2 – 5**
		11 + 0 + 9 = 20

3º Ano Profissional - 1º Período – Classe 2022

TG1	**Trabalho de Graduação 1 (Nota 5)**	**0 – 0 – 8 – 4**
		0 + 0 + 8 = 8

3º Ano Profissional - 2º Período - Classe 2022

TG2	**Trabalho de Graduação 2 (Nota 5)**	**0 – 0 – 8 – 4**
HUM-20	**Noções de Direito**	**3 – 0 – 0 – 3**
GED-72	**Princípios de Economia**	**3 – 0 – 0 – 4**
GED-61	**Administração em Engenharia**	**3 – 0 – 0 – 4**
HID-65	**Engenharia para o Ambiente e Sustentabilidade**	**2 – 1 – 0 – 3**
		11 + 1 + 8 = 20

Eletivas

A matrícula em eletivas está condicionada ao aluno haver cursado os pré-requisitos da disciplina, à disponibilidade de vagas, e à aprovação do professor responsável e da Coordenação do Curso. Essas disciplinas podem ser de graduação (dos Cursos Fundamental e Profissionais) e/ou de pós-graduação do ITA.

O aluno deverá cursar com aproveitamento um mínimo de 384 horas-aula de disciplinas eletivas integralizadas a partir do Primeiro Ano do Curso Fundamental

Estágio

O aluno deverá realizar, no Primeiro Período do 3º Ano Profissional, um Estágio Curricular Supervisionado, de acordo com as normas reguladoras próprias. A carga horária mínima de estágio é 225 horas, as quais deverão ser integralizadas até a data prevista no calendário escolar.

Atividades Complementares

O aluno deverá comprovar um mínimo de 200 horas de Atividades Complementares de acordo com normas reguladoras do ITA, contabilizadas até a data prevista no calendário escolar. integralizadas a partir do primeiro período do 1º ano do Curso Fundamental.
As atividades complementares deverão ser contabilizadas até o último semestre do Curso Profissional, conforme data prevista no calendário escolar/administrativo do ITA para entrega de requerimento pelo aluno.

A IEC oferece as seguintes disciplinas como eletivas de graduação:

CES-23	**Algoritmos Avançados**	**2 – 1 – 0 – 5**
CTC-23	**Análise de Algoritmos e Complexidade Computacional**	**3 – 0 – 0 – 6**
CES-26	**Desenvolvimento de Aplicações para a Internet**	**2 – 0 – 2 – 4**
CTC-42	**Introdução à Criptografia**	**2 – 0 – 1 – 4**
CCI-37	**Simulação de Sistemas Discretos – A**	**2 – 0 – 1 – 4**
CSI-02	**Arquitetura Orientada a Serviços**	**2 – 0 – 1 – 3**
CSI-03	**Arquitetura de Software para Serviços de Informação Aeronáutica**	**2 – 0 – 2 – 3**
CSI-10	**Fundamentos de Sistemas de Informações Geográficas**	**2 – 0 – 1 – 3**
CSC-02	**Computação Móvel e Ubíqua**	**2 – 0 – 1 – 4**
CSC-03	**Internet das Coisas**	**2 – 0 – 1 – 4**
CSC-04	**Análise e Exploração de Códigos Binários**	**1 – 1 – 1 – 3**
CSC-05	**Operações Cibernéticas e Jogos de Guerra Cibernética: Visão Defesa**	**2 – 0 – 2 – 3**
CSC-06	**Operações Cibernéticas e Jogos de Guerra Cibernética: Visão Ataque**	**2 – 0 – 2 – 3**

CSC-07	**Fundamentos de Segurança Cibernética**	**3 – 0 – 0 – 6**
CSC-08	**Desenvolvimento de Esteiras de Automação para Cibersegurança**	**2 – 0 – 2 – 3**
CMC-10	**Projeto e Fabricação de Robôs Móveis**	**1 – 0 – 3 – 4**
CMC-11	**Fundamentos de Análise de Dados**	**1 – 0 – 2 – 3**
CMC-13	**Introdução à Ciência de Dados**	**1 – 0 – 2 – 3**
CES-65	**Projeto de Sistemas Embarcados**	**1 – 1 – 1 – 3**
CTC-19	**Processamento de Linguagem Natural**	**2 – 0 – 1 – 3**

NOTAS

Nota 1 - O aluno que estiver cursando o CPOR/SJ será dispensado da obrigatoriedade de Práticas Desportivas. Aos alunos dos demais anos dos Cursos Fundamental e Profissional serão proporcionados orientação e estímulo à participação em modalidades desportivas.

Nota 2 – Disciplina sem controle de presença, e cujo aproveitamento final – verificado pela qualidade dos relatórios, apresentações, produto final ou instrumentos de avaliação – será expresso através de conceito Satisfatório ou Não Satisfatório (S/NS).

Nota 3 – Sem efeito

Nota 4 - Disciplina dispensada de exame final.

Nota 5 - O TG - Trabalho de Graduação - é regulado por normas próprias e deverá ser um projeto coerente com a sua habilitação, sendo considerado atividade curricular obrigatória.

Nota 6 - Disciplina Eletiva deve ser de Graduação ou Pós-Graduação, condicionada à disponibilidade de vagas e à aprovação da Coordenação do Curso, totalizando no mínimo 32 horas-aula. Em caráter excepcional: a) esta carga horária poderá ser totalizada através de uma ou mais disciplinas; b) quando oferecida por uma Instituição de Ensino Superior parceira do ITA, poderá ser cursada em outro semestre letivo.

Nota 7 – O aluno deve manter contato periódico com o professor através de instrumentos de comunicação à distância, estudar e aplicar o conteúdo segundo orientação de um plano de atividades preparado pelo professor, e ser avaliado com Notas Bimestrais e Exame.

Nota 8 - Disciplina cujo aproveitamento final será feito através de conceito Satisfatório ou Não Satisfatório (S/NS).

Nota 9 - Disciplina obrigatória apenas para os alunos que optarem pelo estágio de 160 horas.

Nota 10 - Disciplina Optativa deve ser de Graduação ou de Pós-Graduação, condicionada à disponibilidade de vagas e à aprovação da Coordenação do Curso, totalizando no mínimo 48 horas-aula cada. Em caráter excepcional: a) esta carga horária poderá ser totalizada através de uma ou mais disciplinas; b) quando oferecida por uma Instituição de Ensino Superior parceira do ITA, poderá ser cursada em outro semestre letivo.

Nota 11 - Disciplina obrigatória oferecida somente às Turmas 3 e 4.

Nota 12 - Disciplina obrigatória oferecida somente às Turmas 1 e 2.

TG1 – Trabalho de Graduação 1 – Requisito: Não há – Horas semanais: 0-0-8-4. Detalhamento da proposta do Trabalho de Graduação: definição de hipótese, objetivos, revisão bibliográfica, critérios de sucesso e análise de riscos, definição da metodologia e cronograma de atividades. Defesas escrita e oral da proposta. **Bibliografia:** Materiais selecionados pelo orientador e pelo aluno.

TG2 – Trabalho de Graduação 2 – Requisito: TG1 – Horas semanais: 0-0-8-4. Execução da proposta definida em TG1: desenvolvimento, análise e discussão de resultados. Defesas escrita e oral do Trabalho de Graduação. **Bibliografia:** Materiais selecionados pelo orientador e pelo aluno.

Divisão de Ciência da Computação

Departamento de Sistemas de Computação – IEC-SC

CES-25 – ARQUITETURAS PARA ALTO DESEMPENHO. *Requisitos*: CES-10 e EEA-25**.** *Horas semanais***:** 3-0-0-4. Unidades básicas de um computador: processadores, memória e dispositivos de entrada e saída. Técnicas para aumento de desempenho de computadores. Memória *cache*, entrelaçada e virtual. Segmentação do ciclo de instrução, das unidades funcionais e do acesso a memória. Computadores com conjunto reduzido de instruções. Linha de execução de instruções (pipeline). Microprograma de unidade central de processamento. Processadores Superescalares. Execução especulativa de código. Multiprocessadores e Computação em escala Warehouse. **Bibliografia:** PATTERSON, D.A; HENNESSY, J. L. *Arquitetura de computadores*: uma abordagem quantitativa. 5. ed. Rio de Janeiro: Campus: Elsevier, 2014. STALLLINGS, W. *Arquitetura e organização de computadores*. 10. ed. São Paulo: Pearson, 2017. TANENBAUM, A. S. *Organização estruturada de computadores*. 6. ed. São Paulo: Pearson, 2015.

CES-27 – PROCESSAMENTO DISTRIBUÍDO. *Requisito*: CES-11. *Horas semanais*: 2-0-1-4. Introdução a sistemas distribuídos. Linguagens de programação distribuída. ~~Anéis lógicos.~~ Rotulação de tempo e relógios lógicos. Algoritmos de eleição. Algoritmos de exclusão mútua. Transações em bancos de dados distribuídos. Computações difusas. Detecção de "deadlocks" em sistemas distribuídos. Algoritmos de consenso distribuído. Algoritmos para evitar inanição. **Bibliografia**: ~~MULLENDER, S. *Distributed systems*. New York: Addison-Wesley, 1993. RAYNAL, M. *Distributed algorithms and protocols*. New York: John Wiley, 1988. SINGHAL, M.; SHIVARATRI, N. G. *Advanced concepts in operating systems*. New York: McGraw-Hill, 1994.~~ TANENBAUM, A. S., STEEN, M. V. Distributed Systems: Principles and Paradigms, Pearson, 2nd ed, 2007. COULOURIS, G., DOLLIMOR, J., KINDBERG, T., BLAIR, G. Distributed Systems, 5th ed, Pearson, 2011. RAYNAL, M. Distributed algorithms and protocols, Wiley-Blackwell, 1988.

CES-33 – SISTEMAS OPERACIONAIS. *Requisito*: CES-11. *Horas semanais*: 3-0-1-5. Conceituação. Estruturação de sistemas operacionais. Gerenciamento de processos: modelo e implementação. Mecanismos de intercomunicação de processos. Escalonamento de processos. Múltiplas filas, múltiplas prioridades, escalonamento em sistemas de tempo real. *Deadlocks*. Gerenciamento de memória. Partição e relocação. Gerenciamento com memória virtual. Ligação dinâmica. Gerenciamento de E/S. Gerenciamento de arquivos. Mecanismos de segurança e proteção. Tópicos de sistemas operacionais distribuídos. Interfaces gráficas de sistemas operacionais modernos. **Bibliografia**: TANENBAUM, A. S. *Sistemas operacionais*. 4. ed. São Paulo: Pearson, 2016. ~~SILBERSCHATZ, A.; GALVIN, P. B.; GAGNE, G. *Fundamentos de sistemas operacionais*. 9. ed. Rio de Janeiro: LTC 2015~~. SILBERSCHATZ, A.; GALVIN, P. B.; GAGNE, G. Operating system concepts. 10th ed. Hoboken, NJ: Wiley & Sons, Inc., 2018. STALLINGS, William *Operating systems*: internals and design principles. 9th. ed. Harlow: Pearson, 2018.

CES-35 – REDES DE COMPUTADORES E INTERNET. *Requisito recomendado*: CES-33. *Horas semanais*: 3-0-2-5. Noções básicas de redes de computadores: hardware e software. Necessidade de protocolos: o modelo TCP/IP. O nível de aplicação: protocolos de suporte e de serviços. O nível de transporte: os protocolos TCP e UDP, e controle de congestionamento. O nível de rede: plano de dados; plano de controle com Redes Definidas por Software; algoritmos de roteamento; o protocolo IP. O nível de enlace: padrões IEEE. Aspectos de segurança. **Bibliografia**: TANENBAUM, A. S.; WETHERALL, D. *Redes de computadores*. 5. ed. São Paulo: Pearson, 2011. KUROSE, J. F.; ROSS, K.W. *Computer networking*. 7th. ed. Harlow: Pearson, 2017. NADEAU, Thomas D.; GRAY, Ken. *SDN*-Software Defined Networks: an authoritative review of network programmability technologies. Beijing: O´Reilly, 2014.

~~**CCI-36**~~ **CMC-30 – FUNDAMENTOS DE COMPUTAÇÃO GRÁFICA.** *Requisito*: CES-11. *Horas semanais:* 2-0-1-4. Conceito de imagem e formas geométricas vetoriais. Pipeline gráfico. Dispositivos gráficos. Coordenadas homogêneas. Transformações geométricas, projeção e perspectiva. Planos de corte e janelamento. Modelagem de curvas, superfícies e sólidos. Modelos de iluminação, materiais, texturas e shaders. Realismo visual: ray tracing, radiosidade. Noções de interação, percepção, teoria de cor e

processamento de imagens. **Bibliografia:** MARSCHNER, S.; SHIRLEY, P. Fundamentals of computer graphics. Boca Raton: A K Peters, 2016. FOLEY, J. D. et al. Computer graphics: principles and practice. 2nd. ed. Reading, MA: Addison-Wesley, 1996. PARISI, T. WebGL: up and running. Sebastopol: O'Reilly Media, 2012.

CCI-37 – SIMULAÇÃO DE SISTEMAS DISCRETOS. *Requisitos*: CES-11 e MOQ-13. *Horas semanais*: 2-0-1-4. Introdução à simulação. As fases de simulação por computadores. Os procedimentos de modelagem de simulação. Métodos de amostragem, geração de números e variáveis aleatórias. Linguagens de simulação, avaliação de software de simulação. Validação de modelos, projeto e planejamento de experimento de simulação, técnicas de redução de variância. **Bibliografia**: BANKS, J. et al. *Discrete- event system simulation.* 3rd. ed. Upper Saddle River: Prentice Hall, 2000. KELTON, W. D.; LAW, A. M. *Simulation modeling and analysis*. New York: McGraw-Hill, 1991. PIDD, M. *Computer simulation in management science*. 4th. ed. Chichester: Wiley, 1998.

CSC-02 – COMPUTAÇÃO MÓVEL E UBÍQUA. *Requisito*: CES-11. *Horas semanais*: 2-0-1-4. Fundamentos de Computação Móvel. Fundamentos de Computação Ubíqua. Desafios relacionados à Mobilidade e Computação em Nuvem. Roteamento e Mobilidade. Ciência do contexto. Descoberta de serviços em redes móveis. Internet das coisas (IoT). Desenvolvimento de aplicações móveis. **Bibliografia:** COLOURIS, G. *et al*. *Distributed systems:* concepts and design. 5th ed. Boston: Addison-Wesley, 2011. DE, Debashi. *Mobile cloud computing:* architecture, algorithms and applications. 1st. ed. Boca Raton: CRC Press: Taylor & Francis, 2016. LIU, K, LI, X. *Mobile SmartLife via sensing, localization, and cloud ecosyst*ems. 1st.ed. Boca Raton: CRC Press: Taylor & Francis, 2018.

CSC-03 - INTERNET DAS COISAS *Requisito*: CES-11. *Horas semanais*: 2-0-1-4. Fundamentos de Internet das coisas (IoT). ~~Computação Móvel e Ubiqua. Computação na Nuvem e Computação na Borda. Arquiteturas e Protocolos para IoT. Roteamento e Mobilidade. Fusão de dados. Aspectos de Segurança da Informação, Segurança Física e Privacidade. Desenvolvimento de aplicações para IoT.~~ Modelos de referência e Arquiteturas. Métodos de Desenvolvimento de Sistemas. Conectividade da Coisa. Aspectos de Implantação: Computação na Nuvem, Névoa e Borda. Plataforma 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:** 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 Ecosyst*ems. First Edition. CRC Press, Taylor & Francis Group, 2018.

CSC-04 – ANÁLISE E EXPLORAÇÃO DE CÓDIGOS BINÁRIOS. *Requisito:* CES-11. *Horas semanais:* 1-1-1-3. Processo de compilação e geração de código objeto. Assembly 32 e 64 bits: conceitos básicos, chamadas de sistema, acesso a memória. Injeção e execução de código arbitrário: *buffer overflow*, shellcodes e *return-oriented programming*. Formato de arquivos executáveis: ELF e PE. Engenharia reversa, alteração e controle de fluxo. **Bibliografia**: SIKORSKI, Michael; HONIG, Andrew. *Practical Malware Analysis: The Hands-On Guide to Dissecting Malicious Software*, No Starch Press, 2012. ANDRIESSE, Dennis. *Practical Binary Analysis: Build Your Own Linux Tools for Binary Instrumentation, Analysis, and Disassembly*, No Starch Press, 2018. BISHOP, Matt. *Computer Security.* 2a Edição. Addison-Wesley Professional. 2018.

CSC-05 – OPERAÇÕES CIBERNÉTICAS E JOGOS DE GUERRA CIBERNÉTICA: VISÃO DEFESA. *Requisito:* CES-10. *Horas semanais:* 2-0-2-3. Introdução Segurança Cibernética, Frameworks Teóricos de Estratégias de Ataque e Defesa: MITRE ATT&CK, NIST Cyber Security. Inteligência de Ameaças Cibernéticas. Métodos de Monitoração. Métodos Defensivos de Rede. Métodos Defensivos de Hosts. Arquiteturas de Defesa Cibernética. Artigos Científicos na Área de Proteção Cibernética. Montagem de Ambientes de Jogos Cibernéticos para Blue Team. **Bibliografia:** Joe Vest, James Tubberville (2020). Red Team – Development and Operations: A Practical Guide. Zero Day Edition (2020). Don Murdoch (2017). Blue Team Handbook: SOC, SIEM and Threat Hunting Use Cases. Security Onion Solutions. Simpson, M., Backman, K., Corley, J. (2010). Hands-On Ethical Hacking and Network Defense (2nd ed.). Boston, MA: Course Technology, Cengage Learning.

CSC-06 – OPERAÇÕES CIBERNÉTICAS E JOGOS DE GUERRA CIBERNÉTICA: VISÃO ATAQUE. *Requisito: CES-10. Horas semanais:* 2-0-2-3. Introdução Segurança Cibernética, Mindset do Adversário, Organização do *Red* Team, Consciência Situacional, Regras de Engajamento, Planejamento e Criação de Cenários de Ameaça, Indicadores de Compromisso, Conceitos de Comando e Controle Cibernético, Ferramentas de Ethical Hacking / Pivoting e Persistência, Artigos Científicos na Área de Ofensiva Cibernética. Montagem de Ambientes de Jogos Cibernéticos para *Red* Team. **Bibliografia:** Joe Vest, James Tubberville (2020). Red Team – Development and Operations: A Practical Guide. Zero Day Edition (2020). Don Murdoch (2017). Blue Team Handbook: SOC, SIEM and Threat Hunting Use Cases. Security Onion Solutions. Simpson, M., Backman, K., Corley, J. (2010). Hands-On Ethical Hacking and Network Defense (2nd ed.). Boston, MA: Course Technology, Cengage Learning.

CSC-07 – FUNDAMENTOS DE SEGURANÇA CIBERNÉTICA. *Requisito: CES-11. Horas semanais:* 3-0-0-6. Segurança de Sistemas: Compilação e Semântica de Execução, Análise de Binários, Ataques do Controle de Fluxo de Programas, Execução de Código Vulnerável, Aleatoriedade de endereçamento de memória, Proteção de Memória com Canários, Programação Orientada a Retornos, Integridade do Controle de Fluxo. Criptografia: Funções de números pseudoaleatórios, Cifradores Simétricos, Funções Hash, Criptografia de Chave Pública; Segurança de Redes: Segurança BGP e DNS, Teoria de Detecção de Ataques de Rede, Sistemas de Prevenção de Intrusão; Segurança Web: Ataques de Injeção, XSS e CSRF; Ataques de Negação de Serviço Distribuído; Segurança em Sistemas Operacionais: Autenticação e Autorização; Segurança em Ambiente de Computação Móvel. **Bibliografia:** Wenliang Du. Computer & Internet Security: A Hands-on Approach, Second Edition. ISBN: 978-1733003926, 2019 (livro-texto). Charles P. Pfleeger, Shari Lawrence Pfleeger, Jonathan Margulies. Security in Computing. 5th Edition. Prentice Hall, 2015. William Stallings, Lawrie Brown. Computer Security: Principles and Practice. 4th Edition. Pearson, 2017.

CSC-08 – DESENVOLVIMENTO DE ESTEIRAS DE AUTOMAÇÃO PARA CIBERSEGURANÇA *Requisito:* CES-10. *Horas semanais:* 2-0-2-3. Introdução ao Ciclo de Desenvolvimento Seguro. Análise de Requisitos de Segurança e Modelagem de Ameaças. Conceitos Básicos e Avançados de DevSecOps. Esteiras para Entrega contínua e implantação automática. Análise de Segredos, Bibliotecas e Componentes. Análise Estática de Código (Expressões regulares, árvores de sintaxe). Análise Dinâmica de Código. Ambientes de Automação. Infraestrutura como código. Segurança em Containers. Gerencia do ciclo de vulnerabilidades. **Bibliografia**: 1. Hsu, T. Hands-On Security in DevOps: Ensure continuous security, deployment, and delivery with DevSecOps. Packt, 2018; 2. Blokdyk, G. DevSecOps Strategy A Complete Guide – 2020, 5STARCooks, 2020; Kim, G., Humble, J., Debois, P., Willis, J., Allspaw, J. The DevOps Handbook: How to Create World-Class Agility, Reliability, and Security in Technology Organizations. IT Revolution Press, LLC, 2016.

Departamento de Software e Sistemas de Informação – IEC-I

CES-22 – PROGRAMAÇÃO ORIENTADA A OBJETOS. *Requisito*: CES-10. *Horas semanais*: 3-0-2-5. Conceitos de objetos, classes, instâncias e métodos. Abstração, herança, encapsulamento e polimorfismo. Características de linguagens de tipagem estática e dinâmica. Tipos de dados e operadores. Métodos e variáveis estáticas. Estruturas de dados orientadas a objetos e tipos genéricos. Tratamento de exceção. Linguagem Unificada de Modelagem (UML). Padrões Básicos de Projeto. Programação de interfaces GUI. **Bibliografia:** DEITEL, P.; DEITEL, H. *Java*: como programar. 10. ed. São Paulo: Pearson, 2016. LARMAN, C. *Utilizando UML e padrões*: uma introdução à análise e ao projeto orientados a objetos e ao desenvolvimento iterativo. Porto Alegre: Bookman, 2006. SARAIVA, O. *Introdução à orientação a objetos com C++ e Python*. Uma abordagem prática. São Paulo: Novatec, 2017.

CES-26 – DESENVOLVIMENTO DE APLICAÇÕES PARA A INTERNET. *Requisitos*: CES-22. *Horas semanais*: 2-0-2-4. Introdução à arquitetura de aplicações para a Internet. Desenvolvimento de aplicações móveis. Desenvolvimento de serviços para a Internet. Desenvolvimento de aplicações para a Nuvem. Introdução à segurança de aplicações na Internet. **Bibliografia**: PUREWAL, S. *Learning web app development.* Sebastopol: O'Reilly, 2014. RUDGER, R. *Beginning mobile application development in the cloud.* Indianapolis: John Wiley, 2012. ZALEWSKI, M. *The Tangled web:* a guide to securing modern web applications. San Francisco: No Starch Press, 2011. FOX, A.; PATTERSON, D. *Engineering software as a service:* an agile approach using cloud computing. 1st ed. Berkeley: Strawberry Canyon, 2015.

CES-28 – FUNDAMENTOS DE ENGENHARIA DE SOFTWARE *Requisito*: CES-22 *Horas semanais*: 3-0-2-5. 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. Modelos de capacitação organizacional: CMMI, SPICE e MPS.br. Gerenciamento de projetos de software. Padrões Avançados de Projeto e Refatoração. Visão geral sobre Métodos Ágeis. **Bibliografia**: SOMERVILLE, I. *Engenharia de software*. 10. ed. São Paulo: Pearson: Addison-Wesley, 2019. PFLEEGER, S. L.; ATLEE, J. M. *Software engineering*. 4th ed. Harlow: Pearson: Prentice Hall, 2009. PRESSMAN, R. S.; MAXIM, B. *Engenharia de software*. 8. ed. Porto Alegre: McGraw-Hill Bookman, 2016.

CES-29 – ENGENHARIA DE SOFTWARE. *Requisito*: CES-28. *Horas semanais: 2-0-2-5.* Métodos Ágeis: Scrum e Extreme Programming (XP). Estórias do Usuário. Métricas de Software. Controle de Backlog. Desenvolvimento Baseado em Testes. Evolução de Software. Ferramentas de Gerência de configuração de software. Integração contínua. Avaliação de usabilidade. **Bibliografia:** WAZLAWICK, R.S. *Engenharia de software*: conceitos e práticas. 2. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2019. SOMERVILLE, I. *Engenharia de software.* 10. ed. São Paulo: Pearson: Addison-Wesley, 2019. PRESSMAN, R. S.; MAXIM, B. *Engenharia de software*. 8. ed. Porto Alegre: McGraw-Hill Bookman, 2016.

CES-30 – TÉCNICAS DE BANCO DE DADOS. *Requisito*: CES-11. *Horas semanais*: 3-0-1-4. Modelo de entidade/relacionamento. Modelo de dados relacional. Structured Query Language. Projeto de banco de dados relacional. Segurança e integridade. Estruturas de Armazenamento. Processamento de Consultas. Transação e Concorrência. Técnicas de Big Data. Introdução a Data Warehouse e Mineração de Dados. **Bibliografia**: SILBERSCHATZ, A.; KORTH, H.; SUDARSHAN, S. *Sistemas de banco de dados.* 6. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012. RAMAKRISHNAN, R.; GEHRKE, J. *Sistemas de gerenciamento de banco de dados.* 3. ed. São Paulo: McGraw Hill: Artmed, 2008. SADALAGE, P. J.; FOWLER, M. *NoSQL distille*d: a brief guide to the emerging world of polyglot persistence. Crawfordsville: Pearson Education, 2013.

CES-65 – PROJETO DE SISTEMAS EMBARCADOS. *Requisitos:* CES-29 e EEA-27. *Horas semanais:* 1-1-1-3. Aplicações práticas de conceitos sobre engenharia de software e micro-controladores para sistemas embarcados. Desenvolvimento de um protótipo de sistema embarcado em estudo de caso envolvendo problema real e necessidades do mercado. Aplicação de um método de desenvolvimento ágil e suas boas práticas. Manifesto ágil e suas aplicações. Princípios ágeis para o desenvolvimento de protótipo de sistema computadorizado embarcado de tempo real composto por sensores, plataformas de coletas de dados, salas de controles e seus bancos de dados associados. Utilização prática da teoria básica de microprocessadores, de sua programação em linguagens de alto nível e de sistema operacional de tempo real e suas interfaces com sistemas analógicos e digitais. Utilização prática de uma arquitetura dirigida por modelo e da configuração de ferramentas automatizadas em um ambiente integrado de engenharia de software ajudada por computador, para geração de código e de teste de software. Exemplos de implementações de software embarcado em dispositivos móveis com sistemas operacionais Android, IOS, Windows Mobile, Java ME e outros. **Bibliografia:** WHITE, E. *Making embedded systems:* design patterns for great software. Sebastopol: O'Reilly, 2012. JUHOLA, T. *Customized agile development process for embedded software development:* a study of special characteristics of embedded software and agile development. Saarbrücken: VDM Verlag Dr. Müller, 2010. STOBER, T., HANSMANN, U. *Agile software development:* best practices for large software development projects. Berlin: Springer, 2010. KNIBERG, H.; SKARIN M. *Kanban e Scrum:* obtendo o melhor de ambos. [*S. l.*]: C4Media, Editora InfoQ.com, 2009.

CSI-02 – ARQUITETURA ORIENTADA A SERVIÇOS. *Requisito:* CES-11**.** *Horas semanais:* 2-0-1-3. 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: Prentice Hall, 2008. SOMMERVILLE, I. *Engenharia de software*. 9. ed. São Paulo: Pearson: Prentice Hall, 2011. PAIK, Hye-Young *et al*. W*eb service implementation and composition techniques*. Berlin: Springer International, 2017.

CSI-03 – ARQUITETURA DE SOFTWARE PARA SERVIÇOS DE INFORMAÇÃO AERONÁUTICA. *Requisito:* CES-10. *Horas semanais: 2-0-2-3*. Contexto Aeronáutico e a proposta SWIM (System Wide Information Management). Conceitos de orientação a serviços. Arquitetura Orientada a Serviços

(SOA) e Microsserviços. Modelo SWIM. Infraestrutura e o Registro SWIM. 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, 2019 ; International Civil Aviation Organization (ICAO): *Manual on system wide information management (SWIM) concept*, 2015. DECEA. *Swim no ATM Nacional, DCA 351-5*, Departamento de Controle do Espaço Aéreo, Publicado no BCA nº157, de 4 de setembro de 2019.

CSI-10 - FUNDAMENTOS DE SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS. *Requisito*: não há. *Horas semanais:* 2-0-1-3. Introdução à Ciência da GeoInformação. A Representação Geográfica. Sistemas de Informação Geográfica (SIG). Conceitos de Cartografia aplicados ao SIG. Modelagem de dados geográficos. Banco de dados e Sistemas de Informações Geográficas. Conceitos de Análise Espacial e Modelagem. Aplicações em Cidades Inteligentes. **Bibliografia**: LONGLEY *et al*. S*istemas e ciência da informação geográfica.* 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2013. CÂMARA, G.; MONTEIRO, A. M.; MEDEIROS, J. S. (ed). *Introdução à ciência da geoinformação*. São José dos Campos: INPE, 2004. COSME, A. *Projeto em sistemas de informação geográfica*. Lisboa: Lidel Edições Técnicas, 2012.

Departamento de Teoria da Computação – IEC-T

CES-10 – INTRODUÇÃO À COMPUTAÇÃO. *Requisito***:** não há**.** *Horas semanais*: 4-0-2-5. Conceitos primários: Computador, algoritmo, programa, linguagem de programação, compilador. Representação de informações: sistemas de numeração, mudança de base, aritmética binária, operações lógicas, textos e instruções. Evolução das linguagens de programação. Unidades básicas de um computador. Software básico para computadores. Desenvolvimento de algoritmos: linguagens para algoritmos e refinamento passo a passo. Comandos de uma linguagem procedimental: atribuição, entrada e saída, condicionais, repetitivos e seletivos. Variáveis escalares e estruturadas homogêneas e heterogêneas. Subprogramação: funções, procedimentos, passagem de parâmetros, recursividade. Ponteiros. **Bibliografia**: MOKARZEL, F. C.; SOMA, N. Y. *Introdução à ciência da computação.* Rio de Janeiro: Campus: Elsevier, 2008. MIZRAHI, V. V. *Treinamento em linguagem C.* São Paulo: Pearson, 2008. SALIBA, W. L. C. *Técnicas de programação:* uma abordagem algorítmica. São Paulo: Makron, 1992.

CES-11 – ALGORITMOS E ESTRUTURAS DE DADOS I. *Requisito*: CES-10. *Horas semanais*: 3-0-1-5. Tópicos em recursividade. Técnicas para desenvolvimento de algoritmos. Noções de complexidade de algoritmos. Vetores e encadeamento de estruturas. Pilhas, filas e deques. Árvores gerais e binárias. Grafos orientados e não orientados. Algoritmos básicos para grafos. Filas de prioridades. Métodos básicos de Ordenação. Noções de programação orientada a objetos. **Bibliografia**: DROSDEK, A. *Estrutura de dados e algoritmos em C++*. São Paulo: Thomson, 2002. FEOFILOFF, P. *Algoritmos em linguagem C.* Rio de Janeiro: Campus: Elsevier, 2009. CELES, W. *et al*. *Introdução a estruturas de dados*. Rio de Janeiro: Campus: Elsevier, 2004.

CES-12 – ALGORITMOS E ESTRUTURAS DE DADOS II. *Requisito*: CES-11. *Horas semanais*: 3-0-1-5. Complexidade de Algoritmos. Métodos de Implementação de Dicionários. Tabelas de espalhamento (hashing). Árvores balanceadas. Métodos de ordenação e métodos avançados de procura. Algoritmos para grafos. Manipulação de arquivos. **Bibliografia:** CORMEN, T. H.; LEISERSON, C. E.; RIVEST, R. L. *Introduction to algorithms.* Cambridge: MIT Press, 1990; AHO, A. V.; HOPCROFT, J. E.; ULLMAN, J. D. *Data structures and algorithms.* Boston: Addison Wesley, 1983; ZIVIANI, N. *Projetos de algoritmos.* 2. ed. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2004.

CES-23 – ALGORITMOS AVANÇADOS. *Requisitos*: CES-11 e CTC-21. *Horas semanais*: 2-1-0-5. Programação dinâmica. Métodos exaustivos. Algoritmos gulosos. Ordenação topológica. Manipulação de cadeias de caracteres. Algoritmos em árvores: árvore geradora mínima. Algoritmos em grafos: caminho mais curto, fluxo máximo, problemas de emparelhamento. **Bibliografia**: CORMEN, T. H. *et al*. *Algoritmos:* teoria e prática. 2. ed. Rio de Janeiro: Campus, 2002. REVILLA, M. A.; SKIENA, S. S. *Programing challenges:* the programming contest training manual. New York: Springer Verlag, 2003. SKIENA, S. S. *The algorithm design manual*. New York: Springer Verlag, 1998.

CES-41 – COMPILADORES. *Requisitos*: CES-11 e CTC-34. *Horas semanais*: 3-0-2-5. Anatomia de um compilador. Gramáticas e linguagens. Diagramas de transição. Análise léxica. Análise sintática: metodologias *top-down* e *bottom-up*. Organização de tabelas de símbolos. Tratamento de erros. Análise semântica e definições orientadas pela sintaxe. Geração de código intermediário e de código objeto. Organização de memória em tempo de execução. Otimização de código. Meta-compiladores e ferramentas automáticas para construção de compiladores. **Bibliografia**: AHO, A. V. *et al*. *Compiladores:* princípios, técnicas e ferramentas. São Paulo: Pearson:Addison-Wesley, 2008. SANTOS, P.R., LANGLOIS, T. *Compiladores da teoria à prática.* Rio de Janeiro: LTC, 2018. LOUDEN, K. C. *Compiladores:* princípios e práticas. São Paulo: Thomson Learning, 2004.

CCI-22 – MATEMÁTICA COMPUTACIONAL. *Requisito***:** CES-10. *Horas semanais***:** 1-0-2-5. Aritmética computacional. Métodos de resolução para sistemas lineares, equações algébricas e transcendentes. Métodos para Determinação de Autovalores e Autovetores. Interpolação de funções. Ajuste de curvas. Integração numérica. Resolução numérica de equações diferenciais ordinárias. Implementação dos métodos numéricos. **Bibliografia**: BERTOLDI FRANCO, N. M. *Cálculo numérico*. São Paulo: Pearson, 2006. CLAUDIO, D.; MARINS, J. *Cálculo numérico:* teoria e prática. São Paulo: Atlas, 1987. RUGGIERO, M. A. C.; LOPES, V. L. R. *Cálculo numérico, aspectos teóricos e computacionais*. São Paulo: McGraw-Hill, 1988.

CTC-19 – PROCESSAMENTO DE LINGUAGEM NATURAL *Requisito: CTC-34 ou EET-41. Horas semanais: 2-0-1-3. Introdução.* 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. **Bibliografia**: 1. JURAFSKY, D.; MARTIN, J. H. *Speech and language processing*. Pearson London, 2014; 2. GOYAL, P., PANDEY, S.; JAIN, K. *Deep Learning for Natural Language Processing*. Apres Media Bangalore, 2018; 3. SCHUTZE, H., MANNING, C.; RAGHAVAN, P. *Introduction to information retrieval*. Cambridge University Press, 2008.

Departamento de Metodologias de Computação – IEC-M

~~**CTC-17**~~ **CMC-15 – INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL.** *Requisitos*: CTC-21 e MOQ-13. *Horas semanais*: 2-0-2-~~4~~ 5. ~~Conceituação, aplicações.~~ Conceituação, impactos e aplicações da IA. Resolução de problemas: técnicas e métodos, representação, heurísticas, decomposição de problemas, jogos. Estratégias de busca e decomposição, representação, algoritmo A*, Algoritmos genéticos. Aprendizagem de máquina: aprendizado indutivo, árvores de decisão e modelos de redes neurais artificiais para aprendizado supervisionado, não-supervisionado. ~~Modelo decisório de Markov e Aprendizado por reforço~~. Introdução a aprendizado por reforço. Introdução a lógica nebulosa e teoria de conjuntos nebulosos. Regras de inferência nebulosas. Fundamentos de redes bayesianas~~: construção de modelos e inferência.~~ Raciocínio Probabilístico. **Bibliografia**: ~~RUSSEL, S.; NORVIG, P. *Inteligência artificial*. 3. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2013.~~ RUSSEL, S.; NORVIG, P. *Artificial Intelligence: A Modern Approach* 4a. ed. Pearson, 2020. LUGER, G. *Inteligência artificial*. 6. ed. Porto Alegre: Bookman, 2013. ~~WITTEN, I.; FRANK, E. *Data mining*: practical machine learning tools and techniques. 4. Rio de Janeiro: Elsevier, 2016.~~ FACELI, K.; LORENA, A.C.; GAMA, J.; ALMEIDA, T. A.; CARVALHO, A.C.P.L.F. *Inteligência Artificial: uma abordagem de Aprendizado de Máquina*. Editora LTC, 2a edição, 2021

~~**CTC-21**~~ **CMC-14 – LÓGICA MATEMÁTICA E ESTRUTURAS DISCRETAS.** *Requisito*: não há. *Horas semanais*: 2-0-1-3. ~~Funções e Operações Binárias. Relações de equivalência e ordem. Enumerabilidade de conjuntos. Grupos, reticulados e álgebras de Boole.~~ Cálculo proposicional e de predicados. Sistemas dedutivos. Lógica matemática: resolução, sistemas de dedução e refutação~~, sistemas especialistas. Sistemas baseados em conhecimento. Linguagem PROLOG. Planejamento.~~ Sistemas especialistas. Método de inferência dos Tableaux semânticos. Métodos de demonstrações por construção, pela contrapositiva, por redução ao absurdo e por indução finita. Aritmética de Peano. Relações de equivalência e ordem. Enumerabilidade e não enumerabilidade de conjuntos infinitos. Combinatória e princípio multiplicativo. Princípio das casas dos pombos ou princípio das gavetas. Teoria dos números e aritmética modular. Grupos, reticulados e álgebra de

Boole. Introdução às criptografias RSA (1978) e de Rabin (1979) de chave pública ou assimétrica. **Bibliografia**: ~~GRIMALDI, R. P. *Discrete and combinatorial mathematics*. Reading: Addison Wesley, 1994. KNEALE, W.; KNEALE, M. *O desenvolvimento da lógica*. 3. ed. Coimbra: Fundação Calouste Gulbenkian, 1991. OLIVEIRA, A. J. Franco de. *Lógica e aritmética*. Brasília, DF: Editora Universidade de Brasília, 2004.~~ FRANCO DE OLIVEIRA, A. J. *Lógica e Aritmética.* Editora Universidade de Brasília, 2004. RUSSEL, S.; NORVIG, P. *Inteligência Artificial*. 3ª ed. Rio de Janeiro: Editora Elsevier, 2013. SCHEINERMAN, R. P. *Matemática Discreta uma Introdução*. 3ª ed. São Paulo: Cengage Learning, 2016.

CTC-23 – ANÁLISE DE ALGORITMOS E COMPLEXIDADE COMPUTACIONAL. *Requisito exigido: CES-12. Horas semanais: 3-0-0-6.* Ordem de funções. Recursividade e recorrência. Emparelhamento de padrões. Paradigmas de programação: divisão e conquista, método guloso, programação dinâmica. Algoritmos numéricos avançados. Codificação de Huffman. Problemas da mochila, do caixeiro viajante, de clique e de coloração. Máquina de Turing. Algoritmos não-determinísticos e a Classe NP. Teorema de Cook. Reduções Polinomiais. **Bibliografia**: CORMEN, T. H.; LEISERSON, C. E.; RIVEST, R. L. *Introduction to algorithms.* Cambridge: MIT Press, 1990. GAREY, M. R.; JOHNSON, D. S. C*omputers and intractability*: a guide to the theory of NP-completeness. San Francisco: W. H. Freeman, 1979. SEDGEWICK, R.; .WAYNE, K. *Algorithms.* 4th ed. Upper Saddle River: Addison-Wesley, 2011.

CTC-34 – AUTOMATA E LINGUAGENS FORMAIS. *Requisito*: CTC-21 ou ~~CTC-21~~ CMC-14. *Horas semanais*: 2-0-1-4. Automata finitos e expressões regulares. Propriedades dos conjuntos regulares. Linguagens e gramáticas. Linguagens livres de contexto, sensíveis ao contexto e tipo-0. Fundamentos de análise sintática (parsing). Autômato de pilha. Máquinas de Turing: seus modelos restritos e tese de Church. Indecidabilidade e problemas intratáveis. **Bibliografia:** HOPCROFT, J. E.; ULLMAN, J. D. *Introduction to automata theory, languages, and computation*. New York: Addison-Wesley, 1979. SUDKAMP, T. *Languages and machines*: an introduction to the theory of computer science 2nd ed. Reading, Mass.: Addison-Wesley, 1997. SIPSER, M. *Introduction to the theory of computation*. 2nd ed. Boston: Thomson Course Technology, c2006.

CTC-42 – INTRODUÇÃO À CRIPTOGRAFIA. *Requisito*: CES-11. *Horas semanais*: 2-0-1-3. 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.* Boca Raton: CRC Press, 1996. *(*Discrete mathematics and its applications). PAAR, C.; PELZI, J. *Understanding cryptography:* a textbook for students and practitioners. Berlin: Springer, 2010. SCHNEIER, B. *Applied cryptography*: protocols, algorithms and source code in C. New York: Wiley, 2015.

CMC-10 – PROJETO E FABRICAÇÃO DE ROBÔS MÓVEIS. *Requisito:* CES-11. *Horas Semanais:* 1-0-3-4. 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 de agente inteligente. Visão Computacional. Controle e navegação de robôs móveis. Tomada de decisão autônoma com Inteligência Artificial. Coordenação de time de robôs. Competição de robôs. **Bibliografia:** RITCHEY, L. W. *Right the first time*: a practical handbook on high speed PCB and system design. Bodega Bay, CA: Speeding Edge Summer, 2003. SIEGWART, Roland; NOURBAKHSH, Illah Reza; SCARAMUZZA, Davide. *Introduction to autonomous mobile robots*. 2nd ed. Cambridge: MIT Press, 2011. KIM, J.-H.; KIM, D.-H.; KIM, Y.-J.; SEOW, K.T. *Soccer robotics.* Berlin: Springer, 2004

CMC-11 - FUNDAMENTOS DE ANÁLISE DE DADOS. *Requisito*: MOQ-13 ou GED-13. *Horas semanais*: 1-0-2-3. Introdução à regressão no contexto de Econometria aplicado à Engenharia. Métodos de mínimos quadrados ordinários. Regressão linear. Pressupostos de uma regressão linear. Propriedades estatísticas dos estimadores. Inferência. Teste de hipótese. Seleção de modelos. Maximização de verossimilhança. Métodos generalizados dos momentos. Regressão em grandes amostras. Regressão com pressupostos relaxados. Introdução a séries temporais. Modelos ARIMA. Cointegração e vetor corretor de erros. Modelos vetoriais autoregressivos. Análise de componentes principais. Análise fatorial. Aplicação em análise de dados em Engenharia. **Bibliografia**: GUJARATI, D.; PORTER, D. *Econometria básica*. 5. ed. Porto Alegre: McGraw Hill, 2011. GREENE, W. *Econometric analysis*, 8. ed. Harlow: Pearson, 2017. FISCHETTI, T. *Data analysis with R*. Birmingham: Packt Publ., 2015.

CMC-12 – CONTROLE PARA SISTEMAS COMPUTACIONAIS. *Requisito: FIS-46, MAT-42, MAT-46 e MOQ-13 ou GED-13 Horas Semanais: 4-0-2-5*. Introdução a sistemas de controle. ~~Ferramentas matemáticas para descrição de sistemas dinâmicos. Estabilidade e desempenho de sistemas dinâmicos.~~ Modelagem de sistemas dinâmicos. Realimentação. Linearização de modelos não-lineares. Estabilidade de sistemas dinâmicos. Controlador PID. Transformada de Laplace e função de transferência. ~~Projeto de controladores através da transformada de Laplace.~~ Projeto de controle através da transformada de Laplace. Requisitos de sistemas de controle. Lugar Geométrico das Raízes. Diagrama de Bode. Diagrama de Nyquist. Carta de Nichols-Black. Controlador lead-lag. ~~Projeto de controladores no domínio da frequência.~~ Projeto de controle no domínio da frequência. ~~Introdução a ruído de medida e filtragem.~~ Ruído de medida e filtragem. Transformada Z. Controle por computador. Discretização de controladores contínuos. Implementação de controladores em computador. Otimização paramétrica de controladores. **Bibliografia:** ~~FRANKLIN, G. F.; POWELL, J. D.; EMAMI-NAEINI, A. *Feedback control of dynamic systems*. 7th ed. Reading: Addison-Wesley, 2014.~~ FRANKLIN, G. F.; POWELL, J. D.; EMAMI-NAEINI, A. *Feedback control of dynamic systems*. 8th ed. Pearson, 2018. OGATA, K. *Engenharia de controle moderno*. 5. ed. São Paulo: Pearson Universidades, 2010. ASTROM, K. J.; MURRAY, R. M. *Feedback systems:* an introduction for scientists and engineers. 2nd ed. Princeton: Princeton University Press, 2018.

CMC-13 – INTRODUÇÃO A CIÊNCIA DE DADOS. *Requisito:* MAT-27, CES-10, MOQ-13. *Horas semanais:* 1-0-2-3. O que é Ciência de Dados e suas aplicações. 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, Springer, 2009. Zumel, Nina, and John Mount. Practical data science with R. Manning Publications Co., 2014. Cielen, D., Meysman, A., & Ali, M. (2016). Introducing data science: big data, machine learning, and more, using Python tools. Manning Publications Co.

CURSO DE ENGENHARIA ELETRÔNICA

PROPOSTA DE CURRÍCULO PARA 2022

CURRÍCULO PRETENDIDO

1º Ano Profissional – 1º Período – Classe ~~2023~~ 2024

EEA-02	Análise de Circuitos Elétricos	3 – 0 – 1 – 5
EEA-21	Circuitos Digitais	4 – 0 – 2 – 6
EEA-45	Dispositivos e Circuitos Eletrônicos Básicos	3 – 0 – 2 – 4
EEM-11	~~Ondas Eletromagnéticas e Antenas~~ Fundamentos de Engenharia Eletromagnética	3 – 0 – 1 – 6
~~EES-10~~	~~Sistemas de Controle I~~	~~4 – 0 – 1 – 5~~
EES-01	Introdução ao Controle de Sistemas	2 – 0 – 0,5 – 3
EET-01	Sinais e Sistemas de Tempo Discreto	~~3 – 0 – 1 – 6~~ 2 – 0 – 0 – 3
ELE-61	Colóquios em Engenharia Eletrônica I (Notas 3 e 6)	1 – 0 – 0 – 0
		~~21 + 0 + 8 = 29~~ 18 + 0 + 6,5 = 24,5

1º Ano Profissional – 2º Período – Classe ~~2023~~ 2024

EEA-05	Síntese de Redes Elétricas e Filtros	3 – 0 – 1 – 4
EEA-25	Sistemas Digitais Programáveis	3 – 0 – 2 – 4
EEA-46	Circuitos Eletrônicos Lineares	3 – 0 – 2 – 4
EEM-12	Eletromagnetismo Aplicado	~~3 – 0 – 2 – 5~~ 3 – 0 – 1,5 – 5
~~EES-20~~	~~Sistemas de Controle II~~	~~4 – 0 – 1 – 6~~
EES-10	Controle Clássico I	3 – 0 – 1 – 4
EET-41	Modelos Probabilísticos e Processos Estocásticos	4 – 0 – 0 – 6
		~~20 + 0 + 8 = 28~~ 19 – 0 – 7,5 = 26,5

2º Ano Profissional – 1º Período – Previsão Classe 2024

EEA-27	Microcontroladores e Sistemas Embarcados	2 – 0 – 2 – 4
EEA-48	Circuitos Eletrônicos Não-Lineares	3 – 0 – 2 – 4
EEM-13	Dispositivos e Sistemas de Alta Frequência	~~3 – 0 – 2 – 5~~ 3 – 0 – 1 – 5
EES-30	Conversão Eletromecânica de Energia I	4 – 0 – 1 – 6
EET-50	~~Princípios de Comunicações~~ Comunicações I	3 – 0 – 1 – 6
EES-20	Controle Clássico II	2 – 0 – 0,5 – 3
		~~15 + 0 + 8 = 23~~ 17 + 0 + 7,5 = 24,5

2º Ano Profissional – 2º Período – Previsão Classe 2024

EEA-47	Circuitos de Comunicação	3 – 0 – 2 – 4
EEA-52	Introdução aos Sistemas VLSI	3 – 0 – 1 – 5
EEM-15	Antenas e Propagação	2 – 0 – 0,5 – 5
EES-40	Controle Moderno	3 – 0 – 1 – 4
EET-51	Comunicações II	3 – 0 – 1 – 5
HID-65	Engenharia para o Ambiente e Sustentabilidade	2 – 1 – 0 – 3
GED-72	Princípios de Economia	3 – 0 – 0 – 4
		~~11 + 1 + 3 = 15~~ 19 + 1 + 5,5 = 25,5

3º Ano Profissional – 1º Período – Previsão Classe 2024

TG-1	Trabalho de Graduação 1 (Nota 5)	0 – 0 – 8 – 4

3.º Ano Profissional – 2.º Período – Previsão Classe 2024

TG-2	Trabalho de Graduação 2 (Nota 5)	0 – 0 – 8 – 4
EEM-16	Dispositivos e Engenharia Fotônica	2 – 0 – 0,5 – 5
EET-52	Processamento Digital de Sinais	3 – 0 – 1 – 5
ELE-62	Colóquios em Engenharia Eletrônica II (Notas 3 e 6)	1 – 0 – 0 – 0,5
HUM-20	Noções de Direito	3 – 0 – 0 – 3
GED-61	Administração em Engenharia	3 – 0 – 0 – 4
		~~7 + 0 + 8 = 15~~
		12 + 0 + 9,5 = 22,5

Disciplinas Eletivas

A matrícula em eletivas está condicionada à disponibilidade de vagas, ao aluno haver cursado os requisitos da disciplina e à aprovação da Coordenação do Curso. Essas disciplinas podem ser de graduação (dos Cursos Fundamental e Profissionais) ou de pós-graduação do ITA.

O aluno deverá cursar com aproveitamento disciplinas eletivas totalizando um mínimo de 288 ~~400~~ horas-aula. Esse total de horas-aula de eletivas inclui aquelas que foram eventualmente cursadas no Currículo do Curso Fundamental.

Observação:

Alunos que cursaram com aprovação a disciplina de EES-10 em 2021 e que tiveram sua matrícula trancada no segundo semestre de 2021, deverão cursar a disciplina de EES-20/2023 e EES-40/2023 em período estabelecido pela Coordenação de Curso.

Ementas:

EES-20 – Controle Clássico II. Requisito: EES-10. Horas semanais: 2-0-0,5-3. Amostragem. Discretização ZOH. Equação a diferenças. Transformada Z. Função de transferência em z. BIBO estabilidade de sistemas discretos. Discretização de requisitos. Lugar Geométrico das Raízes no Plano-z. Projeto de controladores em z. Controle a Tempo discreto. Implementação do controle a tempo discreto. Bibliografia: HEMERLY, E. M. Controle por computador de sistemas dinâmicos. 2a ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2000; ASTROM, K.J.; WITTENMARK, B. Computer-controlled systems - theory and design, 3a ed. NJ: Prentice-Hall, 1997; PHILLIPS, C. L.; NAGLE, H. T. Digital control systems analysis and design, 3a ed. NJ: Prentice Hall, 1994.

EES-40 – Controle Moderno. Requisito: EES-20. Horas semanais: 3-0-1-4. Realizações e formas canônicas no espaço de estados. Estabilidade interna. Controlabilidade. Estabilizabilidade. Observabilidade. Detectabilidade. Realimentação de Estado. Realimentação de estado com ação integral. LQR. Observador de estado. Princípio da separação. Dualidade. Espaço de estados a tempo discreto. Discretização ZOH e Euler. Observador de estado a tempo discreto. Filtro de Kalman a tempo discreto. Implementação de estimação a tempo discreto. Aplicações atuais e futuras de controle. Bibliografia: OGATA, K. Engenharia de controle moderno. 5a ed. São Paulo: Prentice Hall, 2010. ASTROM, K.J.; WITTENMARK, B. Computer-controlled systems - theory and design, 3a ed. NJ, Prentice- Hall, 1997. DORF, R. C.; BISHOP, R. H. Sistemas de controle modernos. 11a ed. Rio de Janeiro: LTC, 2009.

EEM-15 – Antenas e Propagação. Requisito: EEM-12. Horas semanais: 2-0-0,5-5. Revisão de conceitos básicos do eletromagnetismo. Estudo de irradiadores simples. Características e propriedades elétricas das antenas. Impedância de antenas lineares finas. Antenas de abertura. Antenas com refletores. Antenas faixa-larga. Antenas receptoras. Medidas de antenas. Fórmula de Friis. Propagação em meios naturais: ondas ionosféricas, troposféricas e terrestres. Programas computacionais para análise de antenas e enlaces radioelétricos. Bibliografia: BALANIS, C. A. Antenna theory: analysis and design. 4ª ed. Hoboken: Wiley, 2016. STUTZMAN, W.L.; THIELE, G.A. Antenna theory and design.

3ª ed. Hoboken: Wiley, 2012. SEYBOLD, J. S. Introduction to RF propagation. Hoboken: Wiley, 2005.

EEM-16 – Dispositivos e Engenharia Fotônica. Requisito: EEM-13. Horas semanais: 2-0-0,5-5. Fundamentos de laser semicondutor: Interação entre radiação e matéria, emissão estimulada, emissão espontânea, absorção e inversão de população. Cavidade Fabry-Perot, modos de oscilação, equações de taxa, curva característica, coerência e representação circuital. Parâmetros típicos de laser semicondutor: eficiência, largura de faixa, potência óptica, corrente de limiar e divergência de feixe. Fotodetectores: princípios de operação, eficiência quântica, sensibilidade, representação circuital e largura de faixa. Fibras ópticas monomodo e multimodo: perfis de índice de refração, modos de propagação, dispersão, atenuação e retardo de grupo. Fibras ópticas microestruturadas. Dispositivos fotônicos, Sistemas fotônicos. Enlace de comunicação óptica: enlaces analógicos e digitais. Circuitos integrados ópticos. Medições em sistemas ópticos. Bibliografia: PAL, B. P. Guided wave optical components and devices. Amsterdan: Elsevier, 2006. YARIV, A. Optical electronics in modern communications. 5ª ed. New York, NY: Oxford University Press, 1997. HOBBS, P. C. D. Building electro- optical systems: making it all work. New York, NY: John Wiley & Sons, 2000. MAREK, S.; WARTAK, K. Computational photonic: an introduction with Matlab. Cambridge: University Press, 2013.

EET-50 Comunicações I. *Requisito: EET-41. Horas semanais*: 3-0-1-6. Introdução a sistemas de comunicação: classificação, elementos de um sistema ponto a ponto, o processo de modulação, recursos utilizados e qualidade da comunicação, comunicação analógica versus comunicação digital. Representação de sinais: sinais analógicos a tempo contínuo e a tempo discreto e sinais digitais, energia e potência, espaços de sinais e representação geométrica de formas de onda, envoltória complexa. Transmissão analógica: modulação em amplitude, modulação em ângulo, desempenho de transmissão em canal ruidoso, multiplexação no domínio da frequência, radiodifusão AM e FM. Modulação por código de pulso: conversão analógico-digital, modulação por código de pulsos, multiplexação no domínio do tempo, modulação por código de pulsos diferencial. Transmissão digital: transmissão em canais limitados em frequência, transmissão em banda base, transmissão em banda passante, desempenho de transmissão em canais ruidosos. Bibliografia: HAYKIN, S. Communication systems, 5a ed. New York: Wiley, 2009. PROAKIS, J. G.; SALEHI, M. Fundamentals of communication systems, 2a ed. Pearson Education, 2015. CARLSON, B.; Crilly, P. B. Communication systems. 5a ed. Boston: McGraw-Hill Education, 2009.

EET-51 Comunicações II. *Requisito: EET-41. Horas semanais*: 3-0-1-6. Recepção em transmissão digital: recepção coerente e não coerente, sincronização, equalização. Espalhamento espectral: seqüências pseudo-aleatórias, espalhamento espectral por seqüência direta, espalhamento por salto em freqüência. Introdução à teoria da informação: entropia, informação mútua e entropia relativa, codificação de fonte e compressão de dados, codificação de canal e códigos corretores de erro. Comunicação com múltiplos usuários: técnicas de múltiplo acesso FDMA, TDMA e CDMA, capacidade das técnicas de múltiplo acesso. Bibliografia: HAYKIN, S. Communication systems, 5a ed. New York: Wiley, 2009. PROAKIS, J. G.; SALEHI, M. Fundamentals of communication systems, 2a ed. Pearson Education, 2015. CARLSON, B.; Crilly, P. B. Communication systems. 5a ed. Boston: McGraw-Hill Education, 2009.

EET-52 Processamento Digital de Sinais. Requisito: EET-01. Horas semanais: 3-0-1-6. Filtros Digitais IIR e FIR. Sistemas lineares invariantes a deslocamento descritos por equações de diferença. Descrição interna de sistemas lineares invariantes a deslocamento: formas canônicas tipo I e tipo II. Transformação bilinear e aplicações de projetos de filtros IIR. Processamento digital de sinais multitaxas. Interpolação. Dizimação. Projeto de filtros e implementação de conversão de taxa de amostragem. Implementação de conversão de taxa de amostragem de multiestágio. Conversão de taxa de amostragem de sinais de banda-passante. Conversão de taxa de amostragem por um fator arbitrário. Bancos de filtros digitais. Aplicações de processamento de sinais multitaxas. Estimativa de espectro de potência. Estimativa de espectros a partir de observações de duração finita. Métodos não paramétricos para estimativa de espectro de potência (métodos de Bartlett, Welch e Blackman-Tukey). Métodos paramétricos para estimativa de espectro de potência (métodos de Yule-Walker, Burg, e dos mínimos quadrados). Métodos de banco de filtros. Algoritmos de autoanálise para estimativa de espectro. Bibliografia: OPPENHEIM, A. V.; SCHAFER, R. W. Discrete-time signal processing. 3a ed. Upper Saddle River: Pearson Prentice-Hall, 2010. DINIZ, P. S. R.; SILVA, E. A. B.; NETTO, S. L. Digital signal processing: system analysis and design. 2a ed. Cambridge: University Press, 2011. PROAKIS, J. G.; MANOLAKIS, D. K. Digital Signal Processing (4th Edition). 4 : Prentice Hall, 2007.

PARA O CATÁLOGO

3. CURRÍCULO APROVADO PARA 2021

3.3 Curso de Engenharia Eletrônica

Legislação

Decreto nº 27.695, de 16 de janeiro de 1950
Portaria nº 68, de 27 de janeiro de 1951, do Ministério da Aeronáutica
Lei nº 2.165, de 05 de janeiro de 1954
Parecer nº 326/81 CFE (equivalência de curso)

Currículo Aprovado

1º Ano Profissional – 1º Período – Classe ~~2023~~ 2024

EEA-02	Análise de Circuitos Elétricos	3 – 0 – 1 – 5
EEA-21	Circuitos Digitais	4 – 0 – 2 – 6
EEA-45	Dispositivos e Circuitos Eletrônicos Básicos	3 – 0 – 2 – 4
EEM-11	~~Ondas Eletromagnéticas e Antenas~~ Fundamentos de Engenharia Eletromagnética	3 – 0 – 1 – 6
~~EES-10~~	~~Sistemas de Controle I~~	~~4 – 0 – 1 – 5~~
EES-01	Introdução ao Controle de Sistemas	2 – 0 – 0,5 – 3
EET-01	Sinais e Sistemas de Tempo Discreto	~~3 – 0 – 1 – 6~~ 2 – 0 – 0 – 3
ELE-61	Colóquios em Engenharia Eletrônica I (Notas 3 e 6)	1 – 0 – 0 – 0
		~~21 + 0 + 8 = 29~~ 18 + 0 + 6,5 = 24,5

1º Ano Profissional – 2º Período – Classe ~~2023~~ 2024

EEA-05	Síntese de Redes Elétricas e Filtros	3 – 0 – 1 – 4
EEA-25	Sistemas Digitais Programáveis	3 – 0 – 2 – 4
EEA-46	Circuitos Eletrônicos Lineares	3 – 0 – 2 – 4
EEM-12	Eletromagnetismo Aplicado	3 – 0 – 2 – 5
~~EES-20~~	~~Sistemas de Controle II~~	~~4 – 0 – 1 – 6~~
EES-10	Controle Clássico I	3 – 0 – 1 – 4
EET-41	Modelos Probabilísticos e Processos Estocásticos	4 – 0 – 0 – 6
		~~20 + 0 + 8 = 28~~ 19 – 0 – 7,5 = 26,5

2º Ano Profissional – 1º Período – Classe ~~2022~~ 2023

EEA-27	Microcontroladores e Sistemas Embarcados	2 – 0 – 2 – 4
EEA-48	Circuitos Eletrônicos Não-Lineares	3 – 0 – 2 – 4
EEM-13	Dispositivos e Sistemas de Alta Frequência	3 – 0 – 2 – 5
EES-30	Conversão Eletromecânica de Energia I	4 – 0 – 1 – 6
EET-50	Princípios de Comunicações	3 – 0 – 1 – 6
		15 + 0 + 8= 23

2º Ano Profissional – 2º Período – Classe ~~2022~~ 2023

EEA-47	Circuitos de Comunicação	3 – 0 – 2 – 4

EEA-52	Introdução aos Sistemas VLSI	3 – 0 – 1 – 5
HID-65	Engenharia para o Ambiente e Sustentabilidade	2 – 1 – 0 – 3
GED-72	Princípios de Economia	3 – 0 – 0 – 4
		11 + 1 + 3 = 15

3º Ano Profissional – 1º Período – Classe ~~2021~~ 2022

TG-1	Trabalho de Graduação 1 (Nota 5)	0 – 0 – 8 – 4
		8

3º Ano Profissional – 2º Período – Classe ~~2021~~ 2022

TG-2	Trabalho de Graduação 2 (Nota 5)	0 – 0 – 8 – 4
ELE-62	Colóquios em Engenharia Eletrônica II (Notas 3 e 6)	1 – 0 – 0 – 0,5
HUM-20	Noções de Direito	3 – 0 – 0 – 3
GED-61	Administração em Engenharia	3 – 0 – 0 – 4
		7 + 0 + 8 = 15

Disciplinas obrigatórias, oferecidas em caráter excepcional devido à pandemia de coronavirus

Disciplinas Complementares Devido à Pandemia de Coronavirus - IEE

EEA-03	Laboratório de Análise de Circuitos Elétricos (Notas 3, 4 e 6)	0 – 0 – 0,25 – 0,25
EES-11	Laboratório de Sistemas de Controle I (Notas 3, 4 e 6)	0 – 0 – 1 – 0,5
EES-21	Laboratório de Sistemas de Controle II (Notas 3, 4 e 6)	0 – 0 – 1 – 0,5
EES-31	Laboratório de Conversão Eletromecânica de Energia (Notas 3, 4 e 6)	0 – 0 – 1 – 0,5

a) Alunos que obtiveram aprovação na disciplina EEA-02 e não obtiveram aprovação em EEA-05, ambas em 2020, deverão cursar com aproveitamento a disciplina EEA-03, em período a ser estabelecido pela Coordenação do Curso.
b) Alunos que obtiveram aprovação na disciplina EES-10, em 2020, deverão cursar com aproveitamento a disciplina EES-11, em período a ser estabelecido pela Coordenação do Curso.
c) Alunos que obtiveram aprovação na disciplina EES-20, em 2020, deverão cursar com aproveitamento a disciplina EES-21, em período a ser estabelecido pela Coordenação do Curso.
d) Alunos que obtiveram aprovação na disciplina EES-30, em 2020, deverão cursar com aproveitamento a disciplina EES-31, em período a ser estabelecido pela Coordenação do Curso.

Disciplinas Eletivas

A matrícula em eletivas está condicionada à disponibilidade de vagas, ao aluno haver cursado os requisitos da disciplina e à aprovação da Coordenação do Curso. Essas disciplinas podem ser de graduação (dos Cursos Fundamental e Profissionais) ou de pós-graduação do ITA.

Classe 2024: O aluno deverá cursar com aproveitamento disciplinas eletivas totalizando um mínimo de 288 horas-aula. Esse total de horas-aula de eletivas inclui aquelas que foram eventualmente cursadas no Currículo do Curso Fundamental.

Classes 2022 e 2023: O aluno deverá cursar com aproveitamento disciplinas eletivas totalizando um mínimo de 400 horas-aula. Esse total de horas-aula de eletivas inclui aquelas que foram eventualmente cursadas no Currículo do Curso Fundamental.

~~Classe 2021: O aluno deverá cursar com aproveitamento disciplinas eletivas totalizando um mínimo de 416 horas-aula. Esse total de horas-aula de eletivas inclui aquelas que foram eventualmente cursadas no Currículo do Curso Fundamental.~~

Disciplinas Eletivas - IEE

EEA-91	Instrumentação Biomédica I	3 – 0 – 0 – 5
EEA-92	Instrumentação Biomédica II	3 – 0 – 0 – 5
EEA-93	Introdução à Biologia Molecular da Célula	3 – 0 – 0 – 4
EEA-94	Introdução a Imagens Médicas	3 – 0 – 1 – 4
EEA-95	Eletrônica para Processamento de Sinais Biomédicos	2 – 0 – 2 – 4
EEA-96	Bioestatística para Engenharia	3 – 0 – 0 – 4
EEM-14	Antenas	3 – 0 – 1 – 5
EEM-17	Engenharia Fotônica	3 – 0 – 0 – 6
EEM-18	Introdução aos Lasers e suas Propriedades	3 – 0 – 0 – 6
EES-25	Projeto de Sistemas de Controle (Nota 4)	0,5 – 0 – 2,5 – 2
EES-35	Conversão Eletromecânica de Energia II	1 – 0 – 2 – 3
EET-61	Introdução à Teoria da Informação	3 – 0 – 1 – 6
EET-62	Compressão de Dados	~~3 – 0 – 1 – 6~~ 1 – 0 – 3 – 6
EET-63	Codificação de Canal Clássica	3 – 0 – 0 – 4
EET-64	Introdução ao Rádio Definido por Software	2 – 0 – 1 – 4
EET-65	Aplicações de Processamento Digital de Sinais com Dados Reais	2 – 0 – 2 – 6
EET-66	Comunicações sem Fio	3 – 0 – 1 – 4

Essas disciplinas serão oferecidas em cada semestre conforme a disponibilidade dos departamentos da IEE, ou seja, poderão ser oferecidas em qualquer dos 2 períodos (e até mesmo nos 2 períodos) ou não serem oferecidas.

Estágio Curricular Supervisionado

O aluno deverá realizar um Estágio Curricular Supervisionado em Engenharia Eletrônica, ou em área afim, de no mínimo 160 horas, de acordo com as normas reguladoras próprias, respeitadas as Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia, a partir da conclusão do 1º ano Profissional.

~~Após a realização de um Estágio Curricular Supervisionado de 300 horas ou mais em bloco único entre o fim do 1º Ano Profissional e o início do segundo período do 3º Ano Profissional, o aluno pode requerer à Coordenação do Curso a dispensa de 48 horas-aula de disciplinas eletivas.~~

Atividades Complementares

O aluno deverá comprovar pelo menos ~~200~~ 160 horas de Atividades Complementares, de acordo com as normas reguladoras próprias.
As atividades complementares deverão ser contabilizadas até o último semestre do Curso Profissional, conforme data prevista no calendário escolar/administrativo do ITA para entrega de requerimento pelo aluno.

6. EMENTAS DAS DISCIPLINAS

6.3 Divisão de Engenharia Eletrônica (IEE)

ELE-61 – Colóquios em Engenharia Eletrônica I. *Requisito:* Não há. *Horas semanais:* 1-0-0-0. Palestras técnicas de professores e convidados em temas de interesse da Engenharia Eletrônica. Boas práticas de comunicação técnica. Discussão de currículo, da estrutura e da coordenação do curso. Debates sobre oportunidades de estágios, de bolsa de iniciação científica e de pós-graduação. **Bibliografia:** Não há.

ELE-62 – Colóquios em Engenharia Eletrônica II. *Requisito:* Não há. *Horas semanais:* 1-0-0-0,5. Palestras técnicas de professores e convidados em temas de interesse da Engenharia Eletrônica. Seminários de alunos: preparação e apresentação. Discussão de currículo, da estrutura e da coordenação do curso. Debates sobre oportunidades de pós-

graduação. **Bibliografia:** Não há.

6.3.1 Departamento de Eletrônica Aplicada (IEE-A)

EEA-02 – Análise de Circuitos Elétricos. *Requisitos:* FIS-46, MAT-32 e MAT-46. *Horas semanais:* 3-0-1-5. Leis de Kirchhoff: grafos, forma matricial. Elementos resistivos de circuitos: resistores, fontes controladas, amplificador operacional, elementos não-lineares, ponto de operação, reta de carga, linearização. Circuitos resistivos: análise tableau, nodal e nodal modificada, propriedades, método de Newton para circuitos não-lineares. Circuitos de 1ª ordem: capacitores e indutores, constante de tempo, análise por inspeção, solução geral. Circuitos de 2 ª ordem: equações de estado, sistemas mecânicos análogos, tipos de resposta à entrada zero, comportamento qualitativo. Circuitos dinâmicos de ordem superior: indutores acoplados, solução numérica. Regime permanente senoidal: fasores, funções de rede, potência e energia. Análise geral de circuitos: topologia, leis de Kirchhoff baseadas em árvores. Multi-portas: matrizes, reciprocidade. **Bibliografia:** KIENITZ, K. H. *Análise de circuitos:* um enfoque de sistemas. 2ª ed. São José dos Campos: ITA, 2010. BURIAN, Y.; LYRA, A. C. C. *Circuitos elétricos.* São Paulo: Prentice-Hall Brasil, 2006. HAYT, W. H.; KEMMERLY, J. E.; DURBIN, S. M. *Análise de circuitos em engenharia.* 7ª ed. São Paulo: McGraw-Hill, 2008.

EEA-03 – Laboratório de Análise de Circuitos Elétricos. Requisitos: EEA-02. Horas semanais: 0-0-0,25-0,25. Teoremas da superposição e da compensação. Equivalentes de Thevenin e de Norton. Sinais analógicos e digitais. Amplificadores operacionais. Circuitos de primeira e segunda ordens. Análise de circuitos usando série e transformada de Fourier. Transistores FET e BJT. Quadripolos. Bibliografia: KIENITZ, K. H. Análise de circuitos: um enfoque de sistemas. 2a ed. São José dos Campos: ITA, 2010. BURIAN, Y.; LYRA, A. C. C. Circuitos elétricos. São Paulo: Prentice-Hall Brasil, 2006. HAYT, W. H.; KEMMERLY, J. E.; DURBIN, S. M. Análise de circuitos em engenharia. 7a ed. São Paulo: McGraw-Hill, 2008.

EEA-05 – Síntese de Redes Elétricas e Filtros. *Requisito*: EEA-02. *Horas semanais:* 3-0-1-4. Etapas no projeto de circuitos elétricos. Impedâncias positivas reais: testes para determinação. Síntese de circuitos uma-porta passivos. Síntese de circuitos duas-portas passivos: duas-portas reativos duplamente terminados. Topologias para sintetizar filtros com respostas Butterworth, Chebyshev e outras. Transformações de frequência. Síntese de filtros ativos: blocos, o biquad ativo, simulação de indutância. Sensibilidade: circuito adjunto. Representação no domínio discreto. Teorema da amostragem e transformada discreta de Fourier (DFT). Projeto de filtros FIR. **Bibliografia:** CHEN, W. K. *Passive, active, and digital filters.* Boca Raton: CRC Press, 2005. ANTONIOU, A. *Digital filters*. New York: McGraw-Hill, 2000. AMBARDAR, A. *Analog and digital signal processing.* Boston: PWS Pub., 1995. TEMES, G. C.; LAPATRA, J. W. *Introduction to circuit synthesis and design. New York:* McGraw-Hill, 1977.

EEA-21 – Circuitos Digitais. *Requisito:* Não há. *Horas semanais:* 4-0-2-6. Sistemas numéricos e códigos. Álgebra Booleana. Portas lógicas. Circuitos combinatórios: síntese, análise; lógica de dois níveis e multinível. Minimização lógica. Funções combinatórias. Redes iterativas. Aritmética digital inteira: operações em sinal e magnitude, complemento de dois e BCD; circuitos *ripple-carry* e *carry look-ahead*; projeto de unidade lógica aritmética. Circuitos sequenciais: modelos de máquinas de estado finito (MEF), conversão de modelos e minimização de estados. Síntese de MEF assíncrona: conceitos de *hazard*, corrida crítica e modos de operação; projeto de *latches*, *flip-flops* e interfaces. Síntese e análise de MEF síncrona: aplicações gerais, contadores, registradores e divisores de frequência. Analise de temporização. Implementação de algoritmos por hardware síncrono: MEF com *datapath*; síntese *datapath*. Conceitos de dispositivos programáveis (PLD). Projeto de circuitos digitais implementados em PLD. Introdução a VHDL. **Bibliografia:** KATZ, H. R.; BORRIELLO, G. *Contemporary logic design.* Redwood City: The Benjamin-Cummins, 2003. GAJSKI, D. D. *Principles of design logic*. Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1997. McCLUSKEY, E. J. *Logic design principles.* Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1986. D'AMORE, R. *VHDL descrição e síntese de circuitos digitais*. Rio de Janeiro: LTC Editora, 2005.

EEA-25 – Sistemas Digitais Programáveis. *Requisito*: EEA-21. *Horas semanais*: 3-0-2-4. Organização do computador digital convencional: processador, memória, dispositivos de entrada e saída. Processador: registradores, conjunto de

instruções, barramentos para comunicação com memória e interfaces de entrada e saída. Microprocessadores e microcontroladores. Programação de microcontroladores em linguagens Assembly e C. Ambientes integrados de programação. Estrutura interna do processador: unidade funcional e unidade de controle. Microprogramação **Bibliografia:** HAZID, Muhammad A.; NAIMI, Sarmad; Naimi, Sepehr. *The AVR microcontroller and embedded systems using assembly and C.* Boston: Prentice Hall, 2010. RUSSEL, David J. *Introduction to embedded systems:* using ANSI C and the arduino development environment. San Rafael: Morgan and Claypool Pub., 2010. WHITE, Donnamaie E. *Bit-Slice design:* controllers and ALUs. Shrewsbury: Garland Pub., 1981. (edição 2008 disponível em www.donnamaie.com/BITSLICE/).

EEA-27 – Microcontroladores e Sistemas Embarcados. *Requisito*: EEA-25. *Horas semanais*: 2-0-2-4. Conceituação de Sistema Embarcado. Estrutura de um sistema microprocessado: processador, memórias, interfaces com o mundo externo, barramentos. As famílias AVR, MSP430 e MCS51 de microcontroladores. Ambientes integrados de programação. Interfaces seriais e paralelas. Temporizadores, relógios e cão de guarda. Interrupções. Programação concorrente e em tempo real. Redes de microcontroladores e protocolos de comunicação. Sistemas com comunicação sem fio. **Bibliografia**: BARRET, Steven F. *Embedded system design with the atmel AVR microcontroler.* San Rafael: Morgan & Claypool Pub., 2010. ZELENOVSKY, R.; MENDONÇA, Alexandre. *Microcontroladores:* programação e projeto com a família 8051. Rio de Janeiro: Editora MZ, 2005. PEREIRA, F. *Microcontroladores MSP430:* teoria e prática. São Paulo: Érica, 2005. BARRY, R. *Using the FreeRTOS real time kernel:* a practical guide. [S.l.]: Richard Barry, 2009. Disponível em: www.freertos.org.

EEA-45 – Dispositivos e Circuitos Eletrônicos Básicos. *Requisito:* FIS-32. *Horas semanais:* 3-0-2-4. Introdução à física dos semicondutores. Ferramentas computacionais para análise e projeto de circuitos eletrônicos. Diodos semicondutores: modelagem, circuitos e métodos de análise. Transistores bipolares de junção (BJTs), transistores a efeito de campo (FETs e MOSFETs): estrutura e operação física do dispositivo, polarização e estabilização DC, circuitos equivalentes em modelos de pequenos sinais, amplificadores de um estágio. Portas lógicas elementares. **Bibliografia:** SEDRA, A. S.; SMITH, K. C. *Microeletrônica.* São Paulo: Prentice Hall, 2007. HAYES, T. C.; HOROWITZ, P. *Learning the art of electronics:* a hands-on lab course. Cambridge: University Press, 2016. RAZAVI, B. *Fundamentos de microeletrônica*. Rio de Janeiro: LTC, 2017.

EEA-46 – Circuitos Eletrônicos Lineares. *Requisito:* EEA-45. *Horas semanais:* 3-0-2-4. Técnicas de análise de circuitos eletrônicos. Amplificadores com múltiplos estágios. Amplificadores diferenciais. Espelhos de corrente. Amplificadores operacionais: características, aplicações e limitações. Realimentação e estabilidade de amplificadores. Amplificadores de potência para áudio-frequências. Fontes de alimentação lineares. Resposta em frequência de amplificadores. Modelos para frequências elevadas. **Bibliografia:** SEDRA, A. S.; SMITH, K. C. *Microeletrônica.* São Paulo: Prentice Hall, 2007. FRANCO, S. *Projetos de circuitos analógicos discretos e integrados.* Porto Alegre: McGraw-Hill, 2016. HOROWITZ, P.; HILL, W. *A arte da eletrônica:* circuitos eletrônicos e microeletrônica. Porto Alegre: Bookman 2017.

EEA-47 – Circuitos de Comunicação. *Requisito:* EEA-46. *Horas semanais:* 3-0-2-4. Introdução: componentes discretos e monolíticos, modelos para circuitos equivalentes de componentes discretos; simulação de circuitos de RF. Circuitos Ativos de RF: distorção harmônica e intermodulação; compressão de ganho e faixa dinâmica; amplificadores sintonizados; circuitos de polarização; casamento de impedância e largura de faixa. Osciladores de Baixo Ruído: ruído de fase, VCO, multiplicadores de frequência, PLL – *Phase Locked Loop*, sintetizadores de frequência. Moduladores e Demoduladores AM e FM. Misturadores de Frequência. Amplificadores de Baixo Ruído e Banda Larga: compromisso entre ruído e largura de faixa; estabilidade; fontes de ruído de RF e figura de ruído. Amplificadores de Potência casamento de potência; classes de amplificadores. **Bibliografia**: GOLIO, M. *The RF and microwave handbook.* Boca Raton: CRC, 2007. CLARKE, K.; HESS, D. *Communication circuits:* analysis and design. Menlo Park: Addison Wesley, 1971. HICKMAN, Ian. *Practical RF handbook.* Amsterdan: Elsevier: Newnes, 2006. VIZMULLER, P. *RF design guide:* systems, circuits, and equations. Boston: Artech House, 1995. MAAS, S.A. *The RF and microwave circuit design cookbook*. Boston: Artech House, 1998.

EEA-48 – Circuitos Eletrônicos não Lineares. *Requisito:* EEA-46. *Horas semanais:* 3-0-2-4. Geração de Formas de Onda: circuitos biestáveis, monoestáveis e astáveis implementados com dispositivos não-lineares, amplificadores operacionais e circuitos integrados; multivibradores; gerador de rampa, escada e onda triangular. Análise de dispositivos eletrônicos em regime de chaveamento: carga armazenada, compensação de carga. Análise dos circuitos lógicos fundamentais. Dispositivos para Controle de Potência: SCR, DIAC, TRIAC, GTO, IGBT, MOSFET. Aplicações de Controle de Potência: retificadores controlados, controle de motores, conversores CC-CC, inversores. **Bibliografia:** AHMED, A. *Eletrônica de potência*. São Paulo: Prentice Hall, 2000. MILLMAN, J.; TAUB, H. *Pulse digital and switching waveforms*. New York: McGraw-Hill-Kogakusha, 1976. SEDRA, A. S.; SMITH, K. C. *Microelectronic circuits.* New York: Oxford University Press, 2004. RASHID, M. H. *Power electronics:* circuits, devices and applications. Boston*:* Prentice Hall 1993.

EEA-52 – Introdução aos Sistemas VLSI. *Requisitos:* EEA-21, EEA-46. *Horas semanais:* 3-0-1-5. Transistor MOS. Processo de fabricação, regras de projeto e diagrama de máscaras. Famílias digitais e margem de ruído. Análise e projeto de inversores: carga resistiva, carga transistor enriquecimento, carga transistor depleção e CMOS. Projeto de portas lógicas e portas complexas. Capacitâncias transistor MOS. Estimativa de desempenho de inversores e acionamento de cargas capacitivas elevadas. Portas lógicas com transistores de passagem. Portas lógicas dinâmicas. Redes lógicas programáveis dinâmicas e estáticas. Registradores dinâmicos e estáticos. Memórias RAM: organização, tipos de células e projeto de células estáticas. Arquiteturas VLSI. Circuitos de entrada e saída. Fenômeno *Latch Up*. Teste: modelo de falhas, controlabilidade, observabilidade e determinação de vetores de teste. **Bibliografia:** UYEMURA, J. P. *Introduction to VLSI circuits and systems.* New York: Wiley, 2001. WESTE, N.; HARRIS, D. *CMOS VLSI design:* a circuits and systems perspective. Boston: Addison Wesley, 2004. HODGES, D. A.; JACKSON, H.G., SALEH, R. S. *Analysis and design of digital integrated circuits.* Boston: McGraw-Hill, 2003. WESTE, N. H. E.; ESHRAGHIAN, K. *Principles of CMOS VLSI design.* Boston: Addison Wesley, 1994.

EEA-91 – Instrumentação Biomédica I. *Requisitos*: FIS-32 e MAT-32. *Horas Semanais*: 3-0-0-5. Conceitos básicos de instrumentação biomédica. Sensores e transdutores biomédicos. Condicionamento, amplificação e filtragem de sinais. Sistemas de amplificação de biopotenciais. Monitor de sinais eletrocardiográficos e eletroencefalográficos. Monitor de respiração e oxigenação. Ventiladores mecânicos. Marca-passos. Desfibriladores. Neuroestimuladores. Instrumentos eletrocirúrgicos. **Bibliografia**: WEBSTER, J. G. *Medical instrumentation application and design.* 4ª ed. New York: Wiley 2010. FRADEN, J. *Handbook of modern sensors:* physics, design and applications. 4ª ed. New York: Springer, 2010.

EEA-92 – Instrumentação Biomédica II. *Requisitos*: FIS-46, MAT-46, MOQ-13 ou GED-13. *Horas Semanais*: 3-0-0-5. Tomografia por raios X. Transformada de Radon. Tomografia computadorizada. Imageamento médico por ressonância magnética. Medicina nuclear. Tomografia por emissão de pósitrons (PET). Tomografia por impedância elétrica. Imageamento médico por ultrassom. Imageamento médico por radiação infravermelha. **Bibliografia**: BRONZINO, J. D.; PETERSON, D. R. *Biomedical engineering fundamentals.* Boca Raton: CRC Taylor & Francis, 2006. MUDRY, K. M.; PLONSEY, R.; BRONZINO, J. D. (ed.). *Biomedical imaging:* principles and applications in engineering. Boca Raton: CRC Press, 2003. WEBSTER, J. G. (ed.). *Encyclopedia of medical devices and instrumentation*. New York: Wiley-Interscience, 2006.

EEA-93 – Introdução à Biologia Molecular da Célula. *Requisito*: Não há. *Horas semanais*: 3-0-0-4. Introdução às células, componentes químicos das células; energia, catálise e biossíntese; estrutura e função de proteínas; DNA e cromossomos; replicação, reparo e recombinação do DNA; do DNA à proteína; controle e expressão gênica; estrutura das membranas; transporte de membrana; metabolismo celular; mitocôndrias e cloroplastos; compartimentos intracelulares e transporte; comunicação celular; o citoesqueleto; o ciclo da divisão celular; sexo e genética; tecidos, células-tronco e câncer. **Bibliografia**: ALBERTS, B. et al. *Molecular biology of the cell*. 6 ed. New York: Garland Pub., 2014. WAITE, G. N.; WAITE, L. R. *Applied cell and molecular biology for engineers*. Chicago: McGraw-Hill, 2007. ALBERTS, B. et al. *Fundamentos da biologia celular*. 3 ed. São Paulo: Artes Médicas, 2011.

EEA-94 – Introdução a Imagens Médicas. *Requisito*: MAT-27. *Horas semanais*: 3-0-1-4. Sistemas digitais de imagem. 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, look-up tables, melhoria de imagens nos domínios do espaço e da frequência, restauração de imagens. Métodos computacionais de processamento de imagens: segmentação, registro, reconhecimento e rastreamento de objetos, quantificação. ATLAS. Algoritmos de aprendizado de máquina. DICOM e PACS. **Bibliografia**: DOUGHERTY, G. *Digital image processing for medical applications*. Cambridge: Cambridge University Press, 2009. RANGAYYAN, R. M. *Biomedical image analysis*. Boca Raton: CRC Press, 2004. (The Biomedical Engineering Series). GONZALEZ, R. C.; WOODS, R. E. *Digital image processing*. 3. ed. Upper Saddle River: Pearson Education, 2008.

EEA-95 – Eletrônica para Processamento de Sinais Biomédicos. *Requisito*: FIS-32 e CES-10. *Horas semanais*: 2-0-2-4. Desenvolvimento de *hardware* e *software* para a geração de sinais biomédicos. Circuitos para medição e condicionamento de sinais biomédicos. Circuitos integrados dedicados para a digitalização de sinais biomédicos. *Hardware* e *software* para interpretação de sinais biomédicos. Ambiente de desenvolvimento computacional para integração de *hardware* e *software.* Desenvolvimento de aplicativos computacionais para apoio ao diagnóstico usando os sinais biomédicos simulados. **Bibliografia**: BRONZINO, J. D. (eds), *The Biomedical Engineering Handbook*. Florida: CRC Press, 1995. SEDRA, A. S. *Microelectronic Circuits*. 5th Ed., New York: Oxford University Press, 2004. LANGBRIDGE, J. A. *Arduino Sketches: Tools and Techniques for Programming Wizardry*. Hoboken: Wiley, 2015. Ebook.

EEA-96 – Bioestatística para Engenharia. *Requisito*: GED-13. *Horas semanais*: 3-0-0-4. Revisão de estatística descritiva, distribuições normal, binomial e de Poisson, amostragem, inferência e intervalos de confiança. Fundamentos de epidemiologia: tipos de estudos. Testes de hipóteses paramétricos e não paramétricos. Noções fundamentais para a escolha do teste de hipóteses. Cálculo do tamanho da amostra. Correlação. Regressão linear. Tabelas de contingência. Sensibilidade, especificidade e valor preditivo em exames para diagnósticos médicos. Planejamento de experimentos. Experimentos fatoriais. Análise multivariada. Análise de variância (ANOVA). Noções de aplicação de estatística à qualificação de produtos na área de saúde. Qualificação, validação e certificação. **Bibliografia**: FONTELLES, M. J. P., *Bioestatística Aplicada à Pesquisa Experimental*. São Paulo: Livraria da Física, 2012. V. 1 e 2. VIEIRA, S. *Bioestatística: Tópicos Avançados*. 4. Ed., São Paulo: Elsevier, 2018. PEREIRA, J. C. *Bioestatística em Outras Palavras*. São Paulo: Edusp, 2015.

ELE-16 – Eletrônica Aplicada. *Requisito:* FIS-45. *Horas semanais:* 2-0-1-3. Introdução aos dispositivos eletrônicos: diodos a semicondutor, zeners e tiristores. Transistores a efeito de campo (FETs e MOSFETs), transistores bipolares de junção (BJTs). Amplificadores: polarização e modelos para pequenos sinais. Amplificadores operacionais, sua caracterização e aplicação em circuitos lineares realimentados, bases da computação analógica. Fontes de alimentação. Amplificadores de potência para áudio-frequências. Eletrônica digital: álgebra de Boole, portas lógicas, circuitos combinacionais, “flip-flops”, circuitos sequenciais. Sistemas baseados em microprocessadores: arquitetura básica de um microcomputador (processador, memória e circuitos de interfaceamento com dispositivos de entrada e saída). Microcontroladores e sua programação. Conversores A/D e D/A. **Bibliografia:** BOYLESTAD, R.; NASHELSKY, L. *Dispositivos eletrônicos e teoria de circuitos.* Rio de Janeiro: Prentice-Hall do Brasil, 1994. MALVINO, A.P. *Digital computer electronics and introduction to microcomputers*. 2ª ed. New York: McGraw-Hill, 1983.

ELE-26 – Sistemas Aviônicos. *Requisito:* ELE-16. *Horas semanais:* 3-0-1-4. Integração de Sistemas, barramentos embarcados e *Fly-By-Wire.* Sistemas de Visualização de dados em *Cockpits.* Sistemas de telecomunicações e auxílios à navegação. Navegação Inercial. Sistemas RADAR de Vigilância e Rastreio, Radar Secundário e Sistema de Alerta de Trafego e Colisão (TCAS). Sistemas de navegação por satélite. Sistemas integrados de auxílio ao Controle de Tráfego Aéreo. **Bibliografia:** COLLINSON, R. P. G. *Introdution to avionics systems.* 3ª ed. New York: Springer, 2011. SPITZER, R. *The avionics handbook.* Boca Raton: CRC Press, 2001. FARRELL, J.; BARTH, M. *The global positioning system and inertial navigation*. New York: McGraw-Hill, 1998.

ELE-27 – Eletrônica para Aplicações Aeroespaciais. *Requisito*: ELE-16. *Horas semanais*: 3-0-2-3. Introdução às tecnologias de dispositivos eletrônicos embarcados. Efeitos do ambiente nos sistemas aeroespaciais. Efeitos térmicos

em componentes de uso aeroespacial. Introdução à Análise de Requisitos e Engenharia de Sistemas. Introdução às análises críticas de Confiabilidade e Segurança: FMEA, Hazard, Riscos e Circuitos Ocultos (Sneak Circuits). Introdução às arquiteturas eletrônicas de potência, telemetria, controle e segurança. Especificidades das eletrônicas embarcadas de satélites e de lançadores de satélites. Introdução aos ensaios ambientais (vibração, choque, ciclagem térmica, termo vácuo e acústico), e elétricos (Interferência eletromagnética induzida e conduzida – EMI/EMC). Características gerais dos dispositivos de testes e testabilidade. **Bibliografia**: Normas MIL, Normas ECSS; WERTZ, James R.; EVERETT, David F.; PUSCHELL, Jeffery J. *Space mission engineering*: the new SMAD. Portland: Microcosm Press, 2011. AIR FORCE SYSTEM SAFETY HANDNOOK. Kirtland AFB NM 87117-5670, Boeing 1970, Revised July 2000. INCOSE-TP-2003-002-04: *Systems engineering handbook*: a guide for system life cycle processes and activities. 4.ed. New York: John Wiley & Sons, 2015.

ELE-52 – Circuitos Eletrônicos I. *Requisito:* FIS-32. *Horas semanais:* 2-0-2-4. Introdução à física dos semicondutores. Diodos semicondutores: modelagem, circuitos e métodos de análise. Transistores bipolares de junção (BJTs), transistores a efeito de campo (FETs e MOSFETs), polarização e estabilização DC, circuitos equivalentes em modelos de pequenos sinais, amplificadores de um estágio. **Bibliografia**: SEDRA, A. S.; SMITH, K. C. *Microeletrônica.* São Paulo: Prentice Hall, 2007. ROBERTS, G.; SEDRA, A. S. *SPICE.* Oxford: University Press, 1996. JAEGER, R. C.; BLALOCK, T. *Microelectronic circuit design.* New York: McGraw-Hill, 2007. RAZAVI, B. *Fundamentos de microeletrônica.* Rio de Janeiro: LTC, 2017.

ELE-53 – Circuitos Eletrônicos II. *Requisito:* ELE-52. *Horas semanais:* 3-0-2-4. Amplificadores transistorizados. Realimentação e estabilidade de amplificadores. Amplificadores diferenciais. Amplificadores operacionais. Fontes de alimentação. Osciladores senoidais. Multivibradores. Geradores de formas de onda. Dispositivos Semicondutores de Potência. **Bibliografia:** SEDRA, A. S.; SMITH, K. C. *Microelectronic circuits.* 4. ed. Oxford: University Press, 1998. HAZEN, M. E. *Exploring electronic circuits.* Filadélfia: Saunders College, 1991.

6.3.2 Departamento de Microondas e Optoeletrônica (IEE-M)

EEM-11 – Fundamentos da Engenharia Eletromagnética ~~**Ondas Eletromagnéticas e Antenas**~~**.** *Requisito:* FIS-46 e MAT-36. *Horas semanais:* 3-0-1-6. Representação complexa das grandezas eletromagnéticas. Equações de Maxwell. Condições de contorno. Teorema de Poynting. Ondas eletromagnéticas planas~~: propagação em meios isotrópicos e anisotrópicos~~ em meios isotrópicos e anisotrópicos: uniaxial, ferrite e meios artificiais. Polarização. Reflexão e refração de ondas eletromagnéticas planas. Ondas eletromagnéticas ~~Propagação~~ em meios bons condutores. Efeito pelicular. Teoremas e princípios do eletromagnetismo: dualidade, unicidade e reciprocidade. ~~Vetor Potencial Auxiliar. Estudo de irradiadores simples. Características e propriedades elétricas das antenas. Fórmula de Friis.~~ **Bibliografia**: ULABY, F. T.; RAVAIOLI, U. *Fundamentals of applied electromagnetics*. 7ª ed. Upper Saddle River: Pearson, 2014. BRANISLAV, M. N. *Electromagnetics*. Upper Saddle River: Pearson, 2010. BALANIS, C. A. *Antenna theory*: analysis and design. 4ª ed. Hoboken: Wiley, 2016.

EEM-12 – Eletromagnetismo Aplicado. *Requisito:* EEM-11. *Horas semanais:* 3-0-1,5~~2~~-5. Ondas TEM guiadas. Linhas de transmissão de rádio-frequência. Linhas de microfita. Técnicas de casamento. Diagrama de Smith e aplicações. Ondas TE e TM guiadas: impedância de onda e constante de propagação. Guias de ondas retangulares e circulares. Guias de ondas superficiais, dielétricos e fibras ópticas. Cavidades ressonantes. Junções em micro-ondas. Métodos matriciais de representação: Espalhamento, Impedância, Admitância e ABCD. **Bibliografia:** SORRENTINO, R.; BIANCHI, G. *Microwave and RF engineering*. Chichester: Wiley, 2010. COLLIN, R. E. *Foundations for microwave engineering*. 2ª ed. Hoboken: Wiley-IEEE Press, 2001. POZAR, D. M. *Microwave engineering*. 4ª ed. Hoboken: Wiley, 2011.

EEM-13 – Dispositivos e Sistemas de Alta Frequência. *Requisito:* EEM-12. *Horas semanais:* 3-0-2-5. Divisores de potência: Junção T, Wilkinson, Híbridos. Atenuadores. Acopladores direcionais. Dispositivos não recíprocos com ferrite: defasadores, isoladores, giradores e circuladores. Filtros com tecnologia de microfita. Amplificadores: critérios de estabilidade, ganho, casamento e figura de ruído. Osciladores. Dispositivos ópticos: Lasers, Fotodetectores, Moduladores, fibras ópticas. Acopladores. Enlaces de alta frequência. **Bibliografia**: COLLIN, R.E.

Foundations for microwave engineering. 2ª ed. Hoboken: Wiley-IEEE Press, 2001. POZAR, D. M. *Microwave engineering*. 4ª ed. Hoboken: Wiley, 2011. PAL, B. P. *Guided wave optical components and devices*. Amsterdan: Elsevier, 2006.

EEM-14 – Antenas. *Requisito:* EEM-11. *Horas semanais:* 3-0-1-5. Revisão de conceitos básicos do eletromagnetismo. Estudo de irradiadores simples. Características e propriedades elétricas das antenas. Impedância de antenas lineares finas. Antenas de abertura. Antenas com refletores. Antenas faixa-larga. Antenas receptoras. Medidas de antenas. Redes de antenas. **Bibliografia:** BALANIS, C. A. *Antenna theory*: analysis and design. 4ª ed. Hoboken: Wiley, 2016. STUTZMAN, W.L.; THIELE, G.A. *Antenna theory and design*. 3ª ed. Hoboken: Wiley, 2012. VISSER, H. J. *Antenna theory and applications*. Chichester; Wiley, 2012.

EEM-17 – Engenharia Fotônica. *Requisito:* EEM-13. *Horas semanais:* 3-0-0-6. Fundamentos de laser semicondutor: Interação entre radiação e matéria, emissão estimulada, emissão espontânea, absorção e inversão de população. Cavidade Fabry-Perot, modos de oscilação, equações de taxa, curva característica, coerência e representação circuital. Parâmetros típicos de laser semicondutor: eficiência, largura de faixa, potência óptica, corrente de limiar e divergência de feixe. Fotodetectores: princípios de operação, eficiência quântica, sensibilidade, representação circuital e largura de faixa. Fibras ópticas monomodo e multimodo: perfis de índice de refração, modos de propagação, dispersão, atenuação e retardo de grupo. Fibras ópticas microestruturadas. Dispositivos fotônicos, Sistemas fotônicos. Enlace de comunicação óptica: enlaces analógicos e digitais. Medições em sistemas ópticos. **Bibliografia:** PAL, B. P. *Guided wave optical components and devices.* Amsterdan*:* Elsevier, 2006. YARIV, A. *Optical electronics in modern communications*. 5ª ed. New York, NY: Oxford University Press, 1997. HOBBS, P. C. D. *Building electro:* optical systems making it all work. New York, NY: John Wiley & Sons, 2000. MAREK, S.; WARTAK, K. *Computational photonic:* an introduction with Matlab. Cambridge: University Press, 2013.

EEM-18 – Introdução aos Lasers e suas Propriedades. *Requisito:* EEM-11. *Horas semanais*: 3-0-0-6. Emissão estimulada, inversão de população, coeficientes A e B de Einstein. Descoberta da amplificação eletromagnética. Masers e lasers. Propriedades da luz laser: brilho, direcionalidade, polarização, espectro e coerência. Feixes Gaussianos. Coerência transversal de feixes laser. Meios de ganho, esquema de níveis ou bandas de energia, mecanismos de bombeamento. Ganho líquido, cavidades ressonantes, modos longitudinais e transversais. Sobreposição de ganho. Dinâmica laser. Regimes de operação: transiente, contínuo, chaveado ou com travamento de modos. Exemplos de sistemas laser: estado sólido, gasosos, químicos e de elétrons livres. Transformações do feixe laser: propagação, amplificação, conversão de frequência, compressão e expansão de pulsos. **Bibliografia**: SVELTO, O. *Principles of lasers*. 5ªed. New York: Springer, 2009. KOECHNER, W. *Solid state laser engineering*. 6ª ed. New York: Springer, 2006. SILFAST, W. T. *Laser fundamentals*. 2ª ed. Cambridge: University Press, 2004.

6.3.3 Departamento de Sistemas e Controle (IEE-S)

EES-01 – Introdução ao Controle de Sistemas. *Requisitos:* MAT-32 e MAT-46, ou equivalentes. Horas semanais: 2-0-0,5-3. Conceituação geral e importância do controle. Transformada de Laplace. Modelo no Espaço de Estados. Linearização. Realimentação. Função de transferência em malha aberta e em malha fechada. Polos e autovalores. Zeros. Modelos de ordem reduzida. BIBO estabilidade. Resposta no tempo. Requisitos da resposta transitória. Requisito de erro em regime estacionário. Controle proporcional. Bibliografia: DORF, R.C.; BISHOP, R.H. Sistemas de controle modernos. 11a ed. Rio de Janeiro: LTC, 2009. FRANK, S. A. Control theory tutorial. Springer, 2018. NISE, N. S., Engenharia de sistemas de controle. 7a ed. Rio de Janeiro: LTC, 2017.

~~**EES-10 – Sistemas de Controle I.** *Requisitos:* FIS-46, MAT-32 e MAT-46, ou equivalentes. *Horas semanais:* 4-0-1-5. Modelos de sistemas dinâmicos contínuos. Controle por realimentação. Linearidade e invariância no tempo. Linearização. Transformada de Laplace e função de transferência. Análise da estabilidade. Determinação de propriedades e respostas de sistemas contínuos lineares invariantes no tempo. Diagrama de Bode. Sistemas contínuos de primeira e segunda ordem. Especificação de desempenho para sistemas de controle automático.~~

~~Métodos gráficos para projeto de controladores empregando diagramas de Bode e de Nyquist, lugar geométrico das raízes e a carta de Nichols-Black. Controladores PID. **Bibliografia:** DORF, R.C.; BISHOP, R.H. *Sistemas de controle modernos.* 11ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 2009. FRANKLIN, G.F.; POWELL, J.D.; EMAMI-NAEINI, A. *Sistemas de controle para engenharia.* 6ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2013.~~

EES-10 – Controle Clássico I. Requisito: EES-01. Horas semanais: 3-0-1-4. Requisitos de desempenho. Resposta em Frequência. Critério de estabilidade de Nyquist. Diagrama de Bode. Lugar Geométrico das Raízes. Margens de estabilidade. Projeto de Controladores. Avanço de fase. Atraso de fase. Avanço e Atraso de fase. PD. PI. PID. Discretização usando Tustin. Discretização usando Euler. Prewarping. Bibliografia: PHILLIPS, C. L.; PARR, J. M. Feedback control systems. 5a ed. Boston: Prentice Hall, 2011; DORF, R.C.; BISHOP, R.H. Sistemas de controle modernos. 11a ed. Rio de Janeiro: LTC, 2009; NISE, N. S., Engenharia de sistemas de controle. 7a ed. Rio de Janeiro: LTC, 2017.

EES-11 – Laboratório de Sistemas de Controle I (Notas 3, 4 e 6). Requisito: EES-10. Horas semanais: 0-0-1-0,5. Implementação de sistema dinâmico. Características da resposta ao degrau. Projeto de Controle no Domínio da Frequência. Projeto de Controle no Plano-s. **Bibliografia:** DORF, R.C.; BISHOP, R.H. *Sistemas de controle modernos.* 11ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 2009. FRANKLIN, G.F.; POWELL, J.D.; EMAMI-NAEINI, A. *Sistemas de controle para engenharia.* 6ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2013.

EES-20 – Sistemas de Controle II. *Requisito:* EES-10*. Horas semanais:* 4-0-1-6. Relações entre as equações de estado e a função de transferência. Realizações de funções de transferência. Realimentação de estado: alocação de polos e controle ótimo quadrático. Observadores de estado. Estimador Linear Quadrático. Princípio da separação. Sistemas amostrados. Transformada z e suas propriedades. Determinação de propriedades e respostas de sistemas discretos lineares invariantes no tempo. Análise da estabilidade: caso de tempo discreto. Métodos para obtenção de modelos e controladores discretizados. Controle direto digital. Compensadores para sistemas discretos. Filtro de Kalman de tempo discreto. **Bibliografia:** DORF, R. C.; BISHOP, R. H. *Sistemas de controle modernos.* 11. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2009. HEMERLY, E. M. *Controle por computador de sistemas dinâmicos.* 2ª ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2000. GEROMEL, J. C.; KOROGUI, R. H. *Controle linear de sistemas dinâmicos.* São Paulo: Edgard Blücher, 2011.

EES-21 – Laboratório de Sistemas de Controle II (Notas 3, 4 e 6). Requisito: estar cursando EES-20. Horas semanais: 0-0-1-0,5. Realizações de funções de transferência. Realimentação de estados. Projeto digital via LGR. Realimentação e observador de estados a tempo discreto. **Bibliografia:** DORF, R.C.; BISHOP, R.H. *Sistemas de controle modernos.* 11ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 2009. HEMERLY, E. M. *Controle por computador de sistemas dinâmicos.* 2ª ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2000.

EES-25 – Projeto de Sistemas de Controle. *Requisito:* EES-20 ou equivalente. *Horas semanais:* 0,5-0-2,5-2. Definição de requisitos para sistemas dinâmicos. Modelagem, identificação e análise da resposta de sistemas dinâmicos. Projeto, implementação e teste de sistemas de controle automático. Controle por Computador. Análise de Robustez. Tópicos avançados de Engenharia de Controle. **Bibliografia:** DORF, R. C.; BISHOP, R. H. *Sistemas de controle modernos.* 11. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2009. NASCIMENTO JR., C. L.; YONEYAMA, T. *Inteligência artificial em controle e automação.* São Paulo: Edgard Blücher, 2000. SLOTINE, J.-J.; LI, W. *Applied nonlinear control.* Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1991.

EES-30 – Conversão Eletromecânica de Energia I. *Requisitos:* EES-10 e EEA-02 ou MPS-43 e FIS-46. *Horas semanais:* 4-0-1-6. Curvas de magnetização de materiais magnéticos, circuitos magnéticos, formas de onda de corrente no indutor real, conceito de campo de acoplamento no processo de conversão de energia em sistemas eletromecânicos, princípio da mínima relutância, dispositivos lineares e rotativos de relutância variável, motores de passo, máquina de corrente contínua (CC) linear e rotativa, tipos de máquinas CC em relação à excitação de campo (*shunt* e série), autoexcitação do gerador CC, curvas de torque e controle de velocidade do motor CC, sistema Ward-Leonard, servomotor CC, circuitos de corrente alternada monofásicos e trifásicos em regime permanente senoidal: fasores, triângulo de potência, método do deslocamento do neutro para carga desequilibrada em Y, Transformadores: construção, autotransformador, modelo, paralelismo, esquemas de ligação e terceiro harmônico em

transformadores trifásicos, Máquina síncrona de polos lisos: construção, campo magnético girante, modelo, curvas V, Máquina de indução: construção (rotor gaiola de esquilo e rotor bobinado), modelo, curvas de torque, métodos de partida, motores monofásicos. **Bibliografia:** BIM, E. *Máquinas elétricas e acionamento.* 3ª ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2014. SEN, P. C. *Principles of electric machines and power electronics.* 2ª ed. New York: John Wiley & Sons, 1997. CHAPMAN, S. J. *Electric machinery fundamentals.* 4ª ed. Boston: McGraw-Hill, 2005. FALCONE, A. G. *Eletromecânica.* São Paulo: Edgard Blücher, 1979. vols. 1 e 2.

EES-31 – Laboratório de Conversão Eletromecânica de Energia (Notas 3, 4 e 6). Requisito: EES-30. Horas semanais: 0-0-1-0,5. Circuitos e materiais magnéticos, máquinas elétricas de corrente contínua, síncronas e de indução. **Bibliografia:** BIM, E. *Máquinas elétricas e acionamento*. 3 ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2014. SEN, P. C. *Principles of electric machines and power electronics*. 2 ed. New York: John Wiley & Sons, 1997. CHAPMAN, S. J. *Electric machinery fundamentals*. 4 ed. Boston: McGraw-Hill, 2005.

EES-35 – Conversão Eletromecânica de Energia II. *Requisito:* EES-30. *Horas Semanais:* 1-0-2-3. Caracterização de dispositivos comutadores usados em eletrônica de potência. Conversores CC-CC, CA-CC, CC-CA e CA-CA. Aplicação em motores de corrente contínua e de corrente alternada. **Bibliografia:** SEN, P. C. *Principles of electric machines and power electronics*. 2ª ed. New York: John Wiley & Sons, 1997. CHAPMAN, S. J. *Electric machinery fundamentals.* 4ª ed. Boston: McGraw-Hill, 2005. COGDELL, J. R. *Foundations of electric power.* Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1999.

6.3.4 Departamento de Telecomunicações (IEE-T)

EET-01 – Sinais e Sistemas de Tempo Discreto. *Requisitos:* MAT-32, MAT-42, MAT-46 e estar cursando em paralelo EES-10. *Horas semanais*: 2-0-0-3~~3-0-1-6~~. Sistemas lineares de tempo de discreto invariantes a deslocamento: resposta ao pulso unitário, causalidade, estabilidade entrada-saída e soma de convolução. Revisão de Transformada de Fourier para sinais de tempo contínuo: definição, inversão, propriedades e cálculo de transformadas usuais; amostragem de sinais e o teorema da amostragem de Shannon. Transformada de Fourier de Tempo Discreto (TFTD): definição, inversão e propriedades; resposta em frequência de sistemas lineares invariantes a deslocamento. Relação entre a transformada de Fourier de tempo discreto e transformada de Fourier de sinais de tempo contínuo amostrados. Transformada Z bilateral: regiões de convergência, propriedades e inversão; cálculo de transformadas usuais; função de transferência de sistemas lineares invariantes a deslocamento~~, filtros IIR e FIR. Sistemas lineares invariantes a deslocamento descritos por equações de diferença; transformada Z unilateral.~~ Transformada Z unilateral e aplicação a solução de equações de diferenças finitas. ~~-~~Transformada de Fourier discreta (TFD) em grades finitas e sua relação com a série de Fourier discreta de sinais periódicos; propriedades da TFD. Algoritmos rápidos para cálculo da Transformada de Fourier Discreta.~~ Transformada rápida de Fourier (FFT). Descrição interna de sistemas lineares invariantes a deslocamento: formas canônicas tipo I e tipo II. Transformação bilinear e aplicações de projeto de filtros IIR.~~ **Bibliografia:** OPPENHEIM, A. V.; SCHAFER, R. W. *Discrete-time signal processing.* 3ª ed. Upper Saddle River: Pearson Prentice-Hall, 2010. DINIZ, P. S. R.; SILVA, E. A. B.; NETTO, S. L. *Digital signal processing:* system analysis and design. 2ª ed. Cambridge: University Press, 2011.

EET-41 – Modelos Probabilisticos e Processos Estocásticos. *Requisitos:* EES-10, EET-01 e MOQ-13 ou GED-13. *Horas semanais:* 4-0-0-6. Revisão de probabilidade e variáveis aleatórias. Processos estocásticos de tempo contínuo e discreto: definição e caracterização estatística. Processos estocásticos estacionários em sentido amplo e estrito; caracterização espectral de processos estacionários; processos ergódicos. Processos gaussianos, processo de Poisson, processo de Bernoulli e processo de Wiener de tempo discreto. Processos de Markov de tempo e estado discreto. Introdução a processos de Markov de tempo discreto e estado contínuo. Sistemas lineares de tempo contínuo e discreto com excitação aleatória: caracterização entrada-saída no domínio do tempo e das frequências. Processo de Wiener de tempo contínuo e ruído branco. Fatoração espectral. Estimação LMMSE de processos estacionários: filtros de Wiener em tempo discreto e contínuo. Estimação LMMSE sequencial: introdução ao filtro de Kalman-Bucy em tempo discreto. **Bibliografia:** PAPOULIS, A.; PILLAI, S. U. *Probability, random variables and stochastic processes.* 4ª~~ed.~~ New York: McGraw Hill, 2002. STARK, H.; WOODS, J. W. *Probability and random processes with applications to signal*

processing, 3ª ed. Upper Saddle River: Prentice-Hall, 2002. ALBUQUERQUE, J. P. A.; FORTES, J. M.; FINAMORE, W. A. *Probabilidades:* variáveis aleatórias e processos estocásticos, 2ª ed. Rio de Janeiro: Interciência, ~~2008~~ 2018.

EET-50 – Princípios de Comunicações. *Requisitos:* EET-01, EET-41. *Horas semanais:* 3-0-1-6. Introdução a sistemas de comunicação: classificação, elementos de um sistema ponto a ponto, o processo de modulação, recursos utilizados e qualidade da comunicação, comunicação analógica versus comunicação digital. Representação de sinais: sinais analógicos a tempo contínuo e a tempo discreto e sinais digitais, energia e potência, espaços de sinais e representação geométrica de formas de onda, envoltória complexa. Transmissão analógica: modulação em amplitude, modulação em ângulo, desempenho de transmissão em canal ruidoso, multiplexação no domínio da frequência, radiodifusão AM e FM. Modulação por código de pulso: conversão analógico-digital, modulação por código de pulsos, multiplexação no domínio do tempo, modulação por código de pulsos diferencial. Transmissão digital: transmissão em canais limitados em frequência, transmissão em banda base, transmissão em banda passante, desempenho de transmissão em canais ruidosos. **Bibliografia:** HAYKIN, S. *Communication systems,* 5ª ed. New York: Wiley, 2009. PROAKIS, J. G.; SALEHI, M. *Fundamentals of communication systems,* 2ª ed. ~~Upper Saddle River: Prentice-Hall, 2004~~ Pearson Education, 2015. CARLSON, B.; Crilly, P. B. *Communication systems.* 5ª ed. Boston: McGraw-Hill Education, 2009.

EET-61 – Introdução à Teoria da Informação. *Requisito:* EET-41 ou parecer favorável do professor da disciplina. *Horas semanais:* 3-0-1-6. Medidas de informação: entropia, entropia relativa, informação mútua, regra da cadeia, desigualdade de processamento de dados, desigualdade de fano, AEP, entropia de processsos estocásticos. Codificação de fonte sem perda de informação: códigos unicamente decodificáveis e códigos livres de prefixo, desigualdade de Kraft, teorema da codificação de fonte, código de Huffman. Capacidade de canal: AEP para pares de sequências, teorema da codificação de canal, capacidade do canal BSC, canal com apagamento, canais simétricos. Entropia diferencial: entropia diferencial, entropia relativa para variáveis aleatórias contínuas, informação mútua para variáveis aleatórias contínuas, AEP para variáveis aleatórias contínuas. A capacidade do canal gaussiano: cálculo da capacidade do canal gaussiano, canal gaussiano com banda limitada, canal com ruído gaussiano colorido. **Bibliografia:** COVER, T.M.; THOMAS, J. A. *Elements of information theory.* 2ª ed. New York: Wiley, 2006. ~~ASH, R. B. *Information theory.* New York: Dover Books on Mathematics, 1990.~~ HOST, S. *Information and Communication Theory.* Wiley-IEEE Press, 2019. MACKAY, D. J. C. *Information theory, inference and learning algorithms*. Cambridge: University Press, 2003.

EET-62 – Compressão de Dados. *Requisito:* EET-41 ou parecer favorável do professor da disciplina. *Horas semanais:* ~~3-0-1-6~~ 1-0-3-6. Introdução à teoria da codificação de fonte sem perda de informação: teorema da codificação de fonte sem perda de informação, teoria da informação algorítmica, *Minimum Description Length*. Códigos de Fonte: códigos de Huffman, códigos de Golomb, códigos de Rice, códigos de Tunstall, código aritmético, codificação adaptativa. Codificação baseada em dicionários: códigos de Lempel-Ziv e suas versões, desempenho dos códigos de Lempel-Ziv. Introdução à teoria da taxa-distorção: teorema da codificação de fonte com perda de informação, quantização escalar, quantização vetorial. Projeto de um codificador para aplicação real. **Bibliografia:** SAYOOD, K. *Introduction to data compression*. ~~4. ed~~ 5ª Ed. San Francisco: Morgan Kauffman, ~~2012~~ 2017. SALOMON, D.; MOTTA, G.; BRYANT, D. ~~*Data compression*: the complete reference, 4. ed~~ *Handbook of data compression*, 5ª Ed. Berlin: Springer, ~~2006~~ 2010. BERGER, T. *Rate distortion theory*: mathematical basis for data compression, Prentice Hall, 1971.

EET-63 – Codificação de Canal Clássica. *Requisito:* EET-61 ou parecer favorável do professor da disciplina. *Horas semanais:* 3-0-0-4. Objetivos de codificação de canal. Modelos de canal. Parâmetros de desempenho. Códigos de bloco: matrizes geradora e de verificação de paridade. Códigos cíclicos. Códigos BCH: construção e decodificação. Códigos Reed-Solomon. Códigos convolucionais: conceitos, diagrama de estados; algoritmo de Viterbi; estimativa de desempenho. Códigos sobre treliças. **Bibliografia:** LIN, S.; COSTELLO, D. J. *Error control coding.* 2. ed. Englewood Cliffs: Pearson, 2004. PROAKIS, J. G.; SALEHI, M. *Digital communications.* 5. ed. New York: McGraw-Hill, 2007. RYAN, W.; LIN, S. *Channel codes: classical and modern*. Cambridge: University Press, 2009.

EET-64 – Introdução ao Rádio Definido por Software. *Requisito*: Não há. *Horas semanais*: 2-0-1-4. Revisão de conceitos básicos de comunicação, circuitos de radiofrequência e processamento digital de sinais. Conceito de Rádio

Definido por *Software* (RDS): vantagens, limitações e aplicações. Apresentação das linhas de rádio RTL-SDR e Ettus USRP. Sistemas de radiocomunicação implementados em *software*: moduladores AM e FM; demoduladores do tipo detector de envoltória, PLL, Costas Loop, discriminador complexo com diferenciação ou com linha de atraso; receptor de VOR baseado em RDS; processador de sinais de radar baseado em RDS: detector de pulsos, sincronização de receptores RDS independentes, medição do ângulo de chegada, *pulse clustering* e *pulse deinterleaving*. **Bibliografia**: STEWART, B. et al. *Software defined radio using Matlab & Simulink and the RTL-SDR.* Cardiff: Strathclyde Academic Media, 2015. RAZAVI, B. *RF Microelectronics*. 2. ed. Upper Saddle River: Prentice-Hall, 2012. SMITH, S. *Digital signal processing:* a practical guide for engineers and students. Burlington: Newnes, 2002.

EET-65 – Aplicações de Processamento Digital de Sinais com Dados Reais. *Requisitos*: EET-01 e EET-41. *Horas semanais*: 2-0-2-6. Introdução à coleta de dados reais com sistemas de rádio definidos por software; conversão para banda base; amostragem; projeto de filtros; estimativa e análise espectral; identificação de sistemas linear e não linear; análise estatística de sistemas e de densidade espectral de ruído; estimação e rastreamento de parâmetros; projeto de filtro adaptativo; estimativa bayesiana; filtro de Kalman. **Bibliografia**: OPPENHEIM, A.V.; SCHAFER, R. W. *Discrete-time signal processing.* 3. ed. Upper Saddle River: Pearson Prentice-Hall, 2010. KAY, S. M. *Fundamentals of statistical signal processing: estimation theory.* Upper Saddle River: Prentice Hall PTR, 1993. MOON, T. K.; STIRLING, W. C. *Mathematical methods and algorithms for signal processing.* Upper Saddle River: Prentice Hall, 2000.

EET-66 – Comunicações sem Fio. *Requisito*: Ter cursado ou estar cursando EET-50. *Horas semanais*: 3-0-1-4. Introdução: conceitos de comunicação móvel celular, descrição de sistema de celular; Variáveis e métricas em comunicações sem fio: energia de bit, energia de símbolo, ruído aditivo Gaussiano branco (AWGN), razão energia de bit por densidade espectral de potência de ruído (E_b/N_0), razão energia de símbolo por densidade espectral de potência de ruído (E_s/N_0), razão sinal-ruído (SNR), Taxa de transmissão (bits/s, baunds/s), capacidade de canal (fórmula de Shannon), taxa de erro de bit (BER); Planejamento de sistemas celulares: reuso de frequências e handoff, trunking e grau de serviço, interferência co-canal, interferência canal Adjacente, balanço de potência (Link-budget), processo de planejamento celular, métodos de acesso ao meio, espalhamento espectral, expansão e aumento de capacidade do sistema celular; Modelo de canal de comunicação móvel: larga escala - propagação no espaço livre (Equação de Friis), modelos de propagação - modelo de propagação terra plana (dois raios), perdas por difração, modelo gume de faca, zonas de Fresnel, modelo de Jakes, modelos de propagação empíricos, modelo de perdas log-distance - Modelo de canal de comunicação móvel – pequena escala: resposta ao impulso do canal sem fio, parâmetros do canal, tipos de desvanecimento, distribuições Rayleigh e Rice, curvas de desempenho para constelações PSK e QAM: BER x SNR. **Bibliografia:** RAPPAPORT, T. S. *Wireless communications:* principles and practice. 2. ed. Upper Saddle River: Prentice Hall PTR, 2002. GOLDSMITH, A. *Wireless communications.* Cambridge: University Press, 2005. PROAKIS, J.; SALEHI, M. *Digital communications.* 5. ed. New York: McGraw-Hill, 2007.

ELE-32 – Introdução a Comunicações. *Requisitos:* MAT-42 e MOQ-13 ou GED-13. *Horas semanais:* -4-0-1-6. Sistemas de comunicação: objetivos, tipos, elementos. Análise espectral de sinais e sistemas de tempo contínuo e de tempo discreto. Representação de sinais no espaço de sinais. Modulações digitais: técnicas e desempenho em canais Gaussianos. Sistemas com múltiplos usuários. Técnicas de acesso múltiplo: mutiplexação temporal, em frequência ou por códigos de acesso. Tópicos contemporâneos em comunicações. **Bibliografia:** HAYKIN, S. *Communication systems.* 5. ed. New York: Wiley, 2009. PROAKIS, J. G.; SALEHI, M. *Fundamentals of communication systems,* 2ª ed. ~~Upper Saddle River: Prentice-Hall, 2004~~ Pearson Education, 2015. CARLSON, B.; Crilly, P. B. *Communication systems.* 5ª ed. Boston: McGraw-Hill Education, 2009.

~~**ELE-48 – Sinais e Sistemas Aleatórios.** *Requisito:* MVO-20. *Recomendados*: MAT-12, MAT-22, MAT-27, MAT-32, MAT-46. *Horas semanais:* 3-0-1-6. Revisão de probabilidade, variáveis aleatórias e vetores aleatórios. Processos estocásticos de tempo contínuo e discreto: definição e caracterização estatística. Processos estocásticos estacionários em sentido amplo e estrito; caracterização espectral de processos estacionários; processos ergódigos. Exemplos de processos estocásticos usuais. Sistemas lineares de tempo contínuo e discreto com excitação aleatória: caracterização entrada-saída no domínio do tempo e das frequências. Modelos em espaço de estados para sistemas lineares de tempo discreto e sua caracterização estatística. Estimadores sequenciais de mínimos quadrados para~~

~~sistemas lineares de tempo discreto com excitação aleatória: filtro discreto de Kalman. Filtro estendido de Kalman e introdução à filtragem estocástica não linear em tempo discreto.~~ ~~**Bibliografia:** PAPOULIS, A.; PILLAI, S. U. *Probability, random variables and stochastic processes*. 4. ed. Boston: McGraw Hill, 2002. STARK, H.; WOODS, J. W. *Probability and random processes with applications to signal processing.* 3. ed. Upper Saddle River: Prentice-Hall, 2002. KAY, S. M. *Fundamentals of statistical signal processing:* estimation theory. Upper Saddle River: Prentice-Hall, 1993.~~