

## 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

#### *1.º Ano Profissional – 1.º Período - Classe 2013*

<b>AED-02</b>	<b>Dinâmica dos Fluidos</b>	<b>3 – 0 – 2 – 6</b>
<b>EST-22</b>	<b>Teoria das Estruturas</b>	<b>3 – 0 – 1 – 5</b>
<b>MVO-10</b>	<b>Desempenho de Aeronaves</b>	<b>2 – 1 – 1 – 6</b>
<b>MTM-15</b>	<b>Engenharia de Materiais I</b>	<b>2 – 1 – 2 – 3</b>
<b>PRP-30</b>	<b>Propulsão Aeronáutica I</b>	<b>3 – 0 – 1 – 4</b>
<b>PRJ-46</b>	<b>Projeto e Construção de Aeromodelos</b>	<b>1 – 0 – 3 – 3</b>
		<b>14 + 2 + 10 = 26</b>

#### *1.º Ano Profissional – 2.º Período – Classe 2013*

<b>AED-12</b>	<b>Dinâmica dos Gases e Camada Limite</b>	<b>3 – 0 – 2 – 6</b>
<b>EST-34</b>	<b>Teoria das Estruturas Aeronáuticas</b>	<b>3 – 0 – 1 – 5</b>
<b>MEB-26</b>	<b>Transferência de Calor</b>	<b>3 – 0 – 0 – 5</b>
<b>MTM-25</b>	<b>Engenharia de Materiais II</b>	<b>3 – 0 – 2 – 3</b>
<b>ELE-16</b>	<b>Eletrônica Aplicada</b>	<b>2 – 0 – 1 – 3</b>
<b>PRJ-11</b>	<b>Projeto de Aeronaves I</b>	<b>2 – 0 – 2 – 3</b>
<b>PRP-32</b>	<b>Propulsão Aeronáutica II</b>	<b>3 – 0 – 1 – 4</b>
		<b>19 + 0 + 9 = 28</b>

#### *2.º Ano Profissional – 1.º Período - Classe 2012*

<b>AED-22</b>	<b>Aerodinâmica da Asa e Fuselagem</b>	<b>3 – 0 – 2 – 6</b>
<b>EST-43</b>	<b>Teoria das Estruturas Aeronáuticas II</b>	<b>4 – 0 – 1 – 5</b>
<b>MVO-20</b>	<b>Fundamentos da Teoria de Controle</b>	<b>2 – 1 – 1 – 6</b>
<b>PRJ-22</b>	<b>Projeto Conceitual de Aeronaves</b>	<b>3 – 0 – 2 – 4</b>
<b>HUM-20</b>	<b>Noções de Direito</b>	<b>3 – 0 – 0 – 3</b>
	<b>Disciplina Eletiva (Nota 6)</b>	
		<b>17 + 1 + 6 = 24</b>

#### *2.º Ano Profissional – 2.º Período - Classe 2012*

<b>ELE-18</b>	<b>Eletrotécnica Aplicada a Aeronaves</b>	<b>3 – 0 – 1 – 3</b>
<b>EST-56</b>	<b>Dinâmica Estrutural e Aeroelasticidade</b>	<b>3 – 0 – 0,5 – 5</b>
<b>MPS-30</b>	<b>Sistemas de Aeronaves</b>	<b>3 – 0 – 1 – 4</b>
<b>MVO-30</b>	<b>Estabilidade e Controle de Aeronaves</b>	<b>2 – 1 – 1 – 6</b>
<b>PRJ-23</b>	<b>Projeto Avançado de Aeronaves</b>	<b>3 – 0 – 2 – 4</b>
<b>MOG-61</b>	<b>Administração em Engenharia</b>	<b>3 – 0 – 0 – 4</b>
	<b>Disciplina Eletiva (Nota 6)</b>	
		<b>19 + 1 + 5,5 = 25,5</b>

3.<sup>o</sup> Ano Profissional – 1.<sup>o</sup> Período - Classe 2011

**Sujeito à aprovação da Coordenação do Curso de Engenharia Aeronáutica, o aluno deve escolher uma das seguintes opções:**

**Opção A – Estágio Curricular Supervisionado no País**

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

Adicionalmente, cursar duas **Disciplinas Optativas (Nota 10)**. Excepcionalmente, a critério da Coordenação do Curso, uma destas disciplinas poderá ser cursada no 2º Período do 3º Ano Profissional.

$$6 + 0 + 8 = 14$$

Adicionalmente, o aluno deverá realizar um **Estágio Curricular Supervisionado no País**, de acordo com as normas reguladoras próprias. A carga horária mínima de estágio é de 360 horas, 280 das quais deverão ser integralizadas obrigatoriamente até 30 de Julho.

**Opção B – Estágio Curricular Supervisionado no Exterior**

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

$$0 + 0 + 8 = 8$$

Adicionalmente, o aluno deverá realizar um **Estágio Curricular Supervisionado no Exterior**, de acordo com as normas reguladoras próprias. A carga horária mínima de estágio é de 500 horas, as quais deverão ser integralizadas obrigatoriamente até 30 de Julho.

3.<sup>o</sup> Ano Profissional – 2.<sup>o</sup> Período - Classe 2011

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

**ELE-82 Aviônica 3 – 0 – 1 – 4**

**HUM-20 Noções de Direito 3 – 0 – 0 – 3**

**MOE-42 Princípios de Economia 3 – 0 – 0 – 4**

**MOG-61 Administração em Engenharia 3 – 0 – 0 – 4**

**Disciplina Optativa (Nota 10)**

$$15 + 0 + 9 = 24$$

DISCIPLINAS FACULTATIVAS

Oferecidas para alunos regularmente matriculados no Curso de Engenharia Aeronáutica, em qualquer período, pendente disponibilidade financeira:

**AER-20 Voo a Vela I 19 aulas teóricas + 20 voos duplo comando**  
**AER-30 Voo a Vela II auto-estudo + 35 voos duplo comando e solo**

## Divisão de Engenharia Aeronáutica

### Departamento de Aerodinâmica – IEAA

**AED-02 – DINÂMICA DOS FLUIDOS.** *Requisito:* não há. *Horas semanais:* 3-0-2-6. Introdução: conceito de fluido, noção de contínuo, propriedades, regiões potencial e viscosa no escoamento para altos números de Reynolds. 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. Escoamento irrotacional: teoremas de Helmholtz e Kelvin. Escoamento potencial incompressível. Principais singularidades. Soluções para o cilindro sem e com circulação. Potencial complexo. Soluções simples no plano complexo. Teoremas de Blasius e Kutta-Joukowski. Análise de similaridade. Técnicas para medida de grandezas básicas. **Bibliografia:** White, F. M., *Fluid mechanics*, 2ª ed., New York, McGraw-Hill, 1986; Karamcheti, K., *Principles of ideal-fluid aerodynamics*, Malabar, Flórida, Robert Krieger Publ. Co., 1980; Holman, J. P., *Experimental methods for engineers*, 7ª ed., New York, McGraw-Hill, 2000.

**AED-12 – DINÂMICA DOS GASES E CAMADA LIMITE.** *Requisito:* AED-02. *Horas semanais:* 3-0-2-6. Introdução: ondas de som, número de Mach, classificação: escoamentos subsônico, transônico, supersônico e hipersônico, estado de estagnação local. Ondas de choque e expansão de Prandtl-Meyer. Escoamento unidimensional isentrópico. Túneis de vento e tubo de choque. Equação potencial compressível. Pequenas perturbações: obtenção das equações linearizadas. Camada limite incompressível laminar: equações de Prandtl, solução de Blasius, separação. Camada limite compressível laminar: efeitos do número de Prandtl, aquecimento aerodinâmico, fator de recuperação e analogia de Reynolds. Transição do regime laminar para o turbulento. Camada limite compressível turbulenta; equações médias de Reynolds: conceito do comprimento de mistura. Escoamento ao longo da placa plana: solução de van Driest. Técnicas experimentais: análise de um instrumento genérico, medidas de deslocamento, anemometria de fio quente. **Bibliografia:** Shapiro, A. H., *The dynamics and thermodynamics of compressible fluid flow*, Vol. 1 e 2, New York, The Ronald Press, 1953; Anderson Jr., J. D. *Fundamentals of aerodynamics*, 3ª ed., New York, McGraw-Hill, 2001; White, F. M., *Viscous fluid flow*, McGraw-Hill, 2005.

**AED-22 – AERODINÂMICA DA ASA E FUSELAGEM.** *Requisito:* AED-02. *Horas semanais:* 3-0-2-6. Aerodinâmica aplicada ao projeto de aviões. Aerodinâmica do perfil em regime incompressível. Método das singularidades. Regras de semelhança. Asa finita em regime incompressível. Modelos de cálculo da sustentação e do arrasto induzido. Aerodinâmica da fuselagem. Interação asa-fuselagem. Regime compressível subsônico. Análise qualitativa do escoamento no regime transônico sobre perfis. Regra das áreas. Técnicas experimentais: análise de incertezas e determinação da polar de arrasto de perfis, asas, fuselagens e configurações asa-empenagem. **Bibliografia:** Anderson, J. D., Jr., *Fundamentals of aerodynamics*, 3ª ed., New York, McGraw-Hill, 2001; Schlichting, H. e Truckenbrodt, E., *Aerodynamics of the airplane*, New York, McGraw-Hill, 1979; Doebelin, E. O., *Measurement systems: application and design*, 5ª ed., New York, McGraw-Hill, 2003.

**AED-42 – AERODINÂMICA DE ALTA VELOCIDADE.** *Requisito:* AED-22. *Horas semanais:* 3-0-0-4. Extensão da aerodinâmica aplicada ao regime transônico e supersônico. Equações fundamentais do escoamento compressível não-viscoso. Equações de Prandtl-Glauert e Ackeret e regras de semelhança para escoamentos subsônicos e supersônicos. Equações simplificadas e regras de semelhança para o escoamento transônico. Condições através de choques. Aproximações de Kármán-Tsien e de Busemann. Teoria do perfil em regime transônico: descrição física e princípio do cálculo. Teoria da asa finita no regime transônico; efeito da espessura. Asa finita em regime

supersônico: escoamento cônico, método das singularidades. Corpos esbeltos. Interações asa-fuselagem. Arrasto transônico. **Bibliografia:** Schlichting, H. e Truckenbrodt, E., *Aerodynamics of the airplane*, New York, McGraw-Hill, 1979; Krasnov, N. F., *Aerodynamics*, Vols. 1 e 2, Moscow, Mir, 1985; Ashley, H. e Landahl, M., *Aerodynamics of wings and bodies*, New York, Dover, 1985.

### Departamento de Mecânica do Voo – IEAB

**MVO-10 – DESEMPENHO DE AERONAVES.** *Requisito:* noções de aerodinâmica. *Horas semanais:* 2-1-1-6. Desempenho pontual: planeio, voo horizontal, subida, voo retilíneo não-permanente, manobras de voo, diagrama altitude-número de Mach. Desempenho integral: cruzeiro, voo horizontal não-permanente, subida e voos curvilíneos. Decolagem e aterrissagem. **Bibliografia:** Vinh, N. K., *Flight mechanics of high-performance aircraft*, New York, University Press, 1993; Ojha, S. K., *Flight performance of aircraft*, Washington, AIAA, 1995 (AIAA Education Series); Asselin, M., *An introduction to aircraft performance*, AIAA, 1997 (AIAA Education Series).

**MVO-20 – FUNDAMENTOS DA TEORIA DE CONTROLE.** *Requisito:* não há. *Horas semanais:* 2-1-1-6. Descrição matemática de elementos de sistemas de controle. Comportamento de sistemas de controle linear. Estabilidade de sistemas de controle linear. Análise no domínio do tempo e da frequência. Projeto de controladores. Desempenho a malha fechada. **Bibliografia:** Ogata, K., *Engenharia de controle moderno*, 4ª ed., São Paulo, Prentice Hall, 2003; Tischler, M., *Advances in aircraft flight control*, London, Taylor and Francis, 1996 (AIAA General Publication Series); Zipfel, P. H., *Modeling and simulation of aerospace vehicle dynamics*, AIAA, 2000 (AIAA Education Series).

**MVO-30 – ESTABILIDADE E CONTROLE DE AERONAVES.** *Requisito:* MVO-20. *Horas semanais:* 2-1-1-6. Fundamentos da cinemática e da dinâmica de aeronaves como corpos rígidos e flexíveis e análise de seus movimentos sob a influência das forças aerodinâmica, propulsiva e gravitacional. Dedução das equações completas do movimento usando o programa de matemática simbólica MATHEMATICA<sup>®</sup>. Simulação do movimento de aeronaves através da solução numérica das equações do movimento usando MATLAB<sup>®</sup> e MATHEMATICA<sup>®</sup>. Linearização (simbólica) das equações do movimento em torno de uma trajetória de referência permanente: estudo dos comportamentos dinâmicos autônomos longitudinal e látero-direcional. Estabilidade estática. Determinação das derivadas de estabilidade e de controle. Resposta da aeronave devido à atuação dos controles e a perturbações atmosféricas. Modificação da resposta da aeronave através de projetos de sistemas de controle de voo: sistemas de aumento de estabilidade, sistemas de aumento de controle e sistemas automáticos de voo, bem como através de modificações no seu projeto aerodinâmico. Critérios de qualidade de voo e outras figuras de mérito. **Bibliografia:** Etkin, B. e Reid, L. D., *Dynamics of flight: stability and control*, John Wiley, 1996; Roskam, J., *Airplane flight dynamics and automatic control - Partes I e II*, Lawrence, Kansas, DAR Corporation, 2001-2003; Stevens, B. L. e Lewis, F. L., *Aircraft control and simulation*, Hoboken, N.J., John Wiley & Sons, 2003.

### Departamento de Propulsão - IEAC

**PRP-11 – MOTOR FOGUETE.** *Requisito:* AED-02. *Horas semanais:* 3-0-1-2. Desempenho do veículo propulsado a motor-foguete. Balística interna dos foguetes químicos. Foguetes de múltiplos estágios. Transferência de calor em motor-foguete. **Bibliografia:** Sutton, G. P., *Rocket propulsion elements*, New York, John Wiley, 1976; Kuo, K. K. e Summerfield, M., *Fundamentals of solid-propellant combustion*, Washington, AIAA, 1984; Cornelisse, J. W. et al., *Rocket propulsion and*

*spaceflight dynamics*, London, Pitman, 1979.

**PRP-24 – PROPULSÃO AERONÁUTICA III.** *Requisito:* PRP-22. *Horas Semanais:* 3-0-0-4. Seleção do sistema propulsivo: exigências do envelope de voo (empuxo nas diferentes operações), exigências operacionais (peso, alcance da aeronave, consumo e tipo de combustível, ruído, emissões e manutenção). Seleção do número de motores. Integração do motor na aeronave: requisitos de extração de potência, integração aerodinâmica (entrada de ar, exaustão, nacele e pilone), previsão da potência e empuxo do motor instalado. **Bibliografia:** Mattingly, J. D., Heiser, W. H. e Pratt, D. T., *Aircraft engine design*, 2ª ed., Reston, VA., AIAA, 2002 (AIAA Education Series); Roskam, J., *Airplane design*, partes I-VIII, Lawrence, Kansas, Dar Corporation, 2000-2003; Oates, G. C., *Aircraft propulsion systems technology and design*, Washington, AIAA, 1989 (AIAA Education Series).

**PRP-30 – PROPULSÃO AERONÁUTICA I.** *Requisito:* MEB-01. *Horas semanais:* 3-0-1-4. Princípios gerais do funcionamento dos sistemas propulsivos. Diferentes tipos de motores e componentes básicos. Parâmetros de desempenho de motores aeronáuticos: equação de empuxo, empuxo de decolagem, eficiências (propulsiva, térmica, da hélice e total). Influência do desempenho do motor no alcance e no consumo específico da aeronave. Modelos propulsivos para motores a jato: turbojato, turbofan e estato-reator. Equação de tração para hélice: turbo-hélice e motores a pistão. **Bibliografia:** Hill, P., Peterson, C., *Mechanics and Thermodynamics of Propulsion*, Addison – Wesley, 1992; Oates, G.C, *Aircraft Propulsion Systems Technology and Design*, AIAA, 1989, Heywood, J.B., *Internal Combustion Engine Fundamentals*, McGraw-Hill Inc., USA, 1988.

**PRP-32 – PROPULSÃO AERONÁUTICA II.** *Requisito:* PRP-30. *Horas Semanais:* 3-0-1-4. Desempenho de turbinas a gás: desempenho de um motor em seu ponto de projeto, desempenho dos principais componentes: admissão, exaustão, entrada de ar, misturador e tubeira. Desempenho do motor fora do seu ponto de projeto, curvas de desempenho. Desempenho de Unidade Auxiliar de Potência (APU). **Bibliografia:** Cohen, H., Rogers, G. F. C. e Saravanamuttoo, H. I. H., *Gas turbine theory*, 5ª ed., Harlow, Prentice Hall, 2001; Hill, P. e Peterson, C., *Mechanics and thermodynamics of propulsion*, Addison Wesley, 1992; Mattingly, J. D., Heiser, W. H. e Pratt, D. T., *Aircraft engine design*, 2ª ed., Reston, VA., AIAA, 2002 (AIAA Education Series).

**PRP-50 – EMISSÕES ATMOSFÉRICAS DE POLUENTES E INFLUÊNCIA DO SETOR AERONÁUTICO.** *Requisitos:* 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<sub>x</sub> (óxidos de nitrogênio), UHC (hidrocarbonetos não queimados), fuligem e CO<sub>2</sub> (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.

**PRP-52 – MOTORES A PISTÃO AERONÁUTICOS.** *Requisitos:* PRP-20. *Horas Semanais:* 2-0-1-1. Aplicações no setor aeronáutico. Geometrias e componentes. Princípios de funcionamento. Comparação entre ciclo termodinâmico e funcionamento real. Parâmetros de operação e mapas de desempenho. Combustão em motor a pistão. Detonação da mistura reativa. Combustíveis e suas propriedades. Sistemas de alimentação de combustível. Parâmetros que influenciam a potência do motor. Câmara de combustão. Controle. Desempenho de hélices instaladas na aeronave. **Bibliografia:** Heywood, J.B., *Internal Combustion Engine Fundamentals*, McGraw-Hill Inc., USA,

1988; Taylor, C.F., *The Internal Combustion Engine in Theory and Practice*, MIT Press Edition, 1985; Delp, F., *Aircraft Propeller and Controls*, Jeppesen, 1979.

**PRP-54 – COMPONENTES DE MOTORES A JATO.** *Requisitos:* PRP-20. *Horas Semanais:* 2-1-0-1. Entradas de ar: para voos subsônicos e supersônicos. Compressores: centrífugo, axial e *fan*. Câmara de combustão: geometrias, termoquímica e injeção de combustível. Turbinas axiais. Bocais de exaustão. **Bibliografia:** Hill, P., Peterson, C., *Mechanics and Thermodynamics of Propulsion*, Addison – Wesley, 1992; Cohen, H., Rogers, GFC, Saravanamuttoo, H.H., *Gas Turbine Theory*, Addison-Wesley Longman Limited, England, 1996; Oates, G.C, *Aircraft Propulsion Systems Technology and Design*, AIAA, 1989.

**PRP-56 – ENSAIOS EM SISTEMAS PROPULSIVOS.** *Requisitos:* PRP-20. *Horas semanais:* 1-1-1-1. Noções básicas de medidas de empuxo, vazão, torque, potência, rotação e emissões e de aquisição e tratamento de dados. Medidas de empuxo em um estado-reator. Ensaio de desempenho e emissões em motores a pistão. Análise de gases de exaustão em motores a pistão. Ensaio de desempenho e emissões em motor a jato. Ensaio de desempenho e emissões em motor turbo-eixo. Levantamento experimental de curvas de desempenho de hélices. Medidas de empuxo e instabilidades em motor foguete. Discussão de procedimentos para ensaios em voo. Referências: Johnson, G.W, *LabVIEW Graphical Programming Practical Applications in Instrumentation and Control*, McGraw-Hill, 1994; Machiaverni, R.M., *Determinação de Tração em Voo Através do Método do Erro Residual*, ITA, 2008. Walsh, P.P., Fletcher, P. *Gas Turbine Performance*. Oxford: Blackwell Science Ltd., 1998.

### Departamento de Estruturas - IEAE

**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 solicitantes em estruturas isostáticas: treliças, vigas, pórticos. Estado de tensão num ponto: transformação de coordenadas; tensões principais. Equações de equilíbrio. Estado de deformação num ponto: transformação de coordenadas; deformações principais. Relações deformação-deslocamento. Relações tensão-deformação. Diagrama de Mohr. Barras sob esforços axiais. Torção de barras circulares. Teoria de flexão de viga de Euler-Bernoulli. Princípio de Saint Venant. Comportamento plástico: critérios de escoamento. **Bibliografia:** Gere, J.M.; Goodno, B.J., *Mechanics of Materials*, Cengage-Engineering, 2008, 7a. ed. 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*, New York: McGraw-Hill Inc., 1999, 2a. ed.

**EST-22 – TEORIA DAS 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. Princípios de trabalho e energia: trabalhos virtuais, energia potencial total, teoremas de reciprocidade, da carga unitária. Teoria de viga de Timoshenko. Estruturas reticuladas: análise de esforços e deslocamentos. Método das forças. Métodos aproximados: Rayleigh-Ritz e resíduos ponderados. Introdução ao método dos elementos finitos: formulação para barras e membrana. **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; Fish, J. e Belytschko, T. Um primeiro curso em Elementos Finitos, 1ª ed., Rio de Janeiro, LTC, 2009.

**EST-24 – TEORIA DE ESTRUTURAS.** *Requisito:* EST-11. *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-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*, 3a. 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-34 – TEORIA DAS ESTRUTURAS AERONÁUTICAS.** *Requisito:* EST-22. *Horas semanais:* 3-0-1-5. Introdução às estruturas aeronáuticas: componentes, materiais e idealização estrutural. Modelagem estrutural de componentes aeronáuticos pelo método dos elementos finitos. Teoria de placas de Kirchhoff. Teoria de torção de barras de Saint-Venant. Analogia da membrana. 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. Análise de asas e fuselagens. **Bibliografia:** Megson, T. H. G., *Aircraft structures for engineering students*, 3a. ed., London, E. Arnold, 1999; Bruhn, E. F., *Analysis and design of flight vehicle structures*, Cincinnati, Tri-Offset, 1973; Curtis, H., *Fundamentals of aircraft structural analysis*, New York, McGraw-Hill, 1997.

**EST-43 – TEORIA DAS ESTRUTURAS AERONÁUTICAS II.** *Requisito:* não há. *Horas semanais:* 4-0-1-5. I) Fadiga e Mecânica da Fratura: 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. Fatores de Intensidade de Tensão. Propagação de trincas por fadiga. Curvas da/dN. Equações de Propagação. **Análise de fixações e juntas.** II) Flambagem de Euler. Flambagem Inelástica de Colunas. Flambagem e Falha de Placas. Análise de Painéis Reforçados em Compressão. Análise de Painéis em Cisalhamento. Tração Diagonal. **Bibliografia:** Dowling, N. E., *Mechanical behavior of materials – engineering methods for deformation, fracture and fatigue*, 2ª ed., Prentice Hall, 2000; Bruhn, E. F., *Analysis and design of flight vehicle structures*, Cincinnati, Tri-Offset, 1973; Chajes, A., *Principles of structural stability theory*, Englewood Cliffs, Prentice-Hall, 1974.

**EST-56 – DINÂMICA ESTRUTURAL E AEROELASTICIDADE.** *Requisito:* não há. *Horas semanais:* 3-0-0,5-5. 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. Ensaio 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, Virginia, AIAA, 1999 (AIAA Education Series); Craig, R., Kurdila, A.J., *Fundamentals of Structural Dynamics*, John Wiley and Sons, 2<sup>nd</sup> ed., 2006. Bisplinghoff, R.L., Ashley, H., Halfman,

R.L., *Aeroelasticity*, Dover, New York, 1955.

### Departamento de Projetos - IEAP

**PRJ-11 – PROJETO DE AERONAVES I.** *Requisitos:* não há. *Horas semanais:* 2-0-2-2. Aspectos relevantes do mercado de aviação e do projeto de aeronave. Elementos de certificação aeronáutica. Requisitos. Descrição das fases de um programa de desenvolvimento de aeronave. Análise de configurações. Estudo de mercado. Elaboração do plano de negócios. Determinação da configuração. Diagrama tração-peso versus carga alar. Dimensionamento inicial da aeronave: três vistas da aeronave, com cotas, especificação do motor; arquitetura de sistemas, projeto da seção transversal da fuselagem e posto de pilotagem. *Layout* estrutural. Cálculo do CG e estimativa das massas fundamentais da aeronave. Diagrama de carga paga versus alcance. Envelope de operação. Dimensionamento de trem de pouso. **Bibliografia:** Torenbeek, E., *Synthese of Subsonic Airplane Design*, Delft University Press, Delft, 1976; Roskam, J., *Airplane design*, partes I - VIII, Lawrence, Kansas, DAR Corporation, 2000-2003; Jenkinson, L. R., *Civil jet aircraft design*, Washington, DC, AIAA, 1999 (AIAA Education Series).

**PRJ-20 – FUNDAMENTOS EM PROJETO DE AERONAVES.** *Requisitos:* não há. *Horas semanais:* 1,5-0-1,5-3. Aspectos relevantes do mercado de aviação. Aspectos gerais do projeto de aeronave. Configuração de uma aeronave: perfis, dispositivos de hypersustentação, forma em planta de asas e empenagens, torção e diedro, posição da asa na fuselagem, posição dos motores, tipos de cauda usados em aeronaves, forma da fuselagem. Determinação da carga alar e da razão tração-peso com base em requisitos de desempenho de uma aeronave. Dimensionamento de uma aeronave: asa, fuselagem, empenagens horizontal e vertical, superfícies de controle primário. Estimativa inicial do peso de uma aeronave. Descrição detalhada das fases de um programa de aeronave: conceitual, preliminar, detalhado e produção seriada. **Bibliografia:** Raymer, D. P., *Aircraft design: a conceptual approach*, 3ª ed., Washington, AIAA, 1999 (AIAA Education Series); Roskam, J., *Airplane design*, partes I - VIII, Lawrence, Kansas, DAR Corporation, 2000-2003; Jenkinson, L. R., *Civil jet aircraft design*, Washington, DC, AIAA, 1999 (AIAA Education Series).

**PRJ-22 – PROJETO CONCEITUAL DE AERONAVE.** *Requisitos:* PRJ-20. *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, Ottawa, Kansas, 1985; Torenbeek, E., *Synthesis of Subsonic Airplane Design*, Kluwer Academic Pub, Sept. 1982; L.R. Jenkinson, *Civil jet aircraft design*, AIAA educational series, Washington DC, 1999.

**PRJ-23 – PROJETO AVANÇADO DE AERONAVES.** *Requisitos:* PRJ-20. *Horas semanais:* 3-0-2-4. Projeto preliminar de aeronave. Integração de sistemas: grupo moto-propulsor, sistemas elétricos, de combustível, hidráulico e pneumático e trem de pouso. Softwares comerciais de mecânica dos fluidos computacional. Análise aerodinâmica da configuração completa. Princípios de manutenção aeronáutica. Análise de segurança. Princípios de otimização multidisciplinar. Regulamentos e requisitos do projeto de aeronaves. Passeio do CG. Momentos de Inércia. Cargas estáticas e dinâmicas. Diagrama V-n.. Análise da distribuição das cargas sobre os sistemas



estruturais da aeronave. Projeto e dimensionamento dos componentes estruturais primários. **Bibliografia:** Raymer, D.P., *Aircraft design: a conceptual approach*, AIAA educational series, Washington DC, 1989; Roskam, J., *Airplane design*, parts I-VIII, Roskam Aviation and Engineering Corporation, Ottawa, Kansas, 1985; Lomax, T., *Structural loads analysis for commercial transport aircraft: theory and practice*, Washington, AIAA, 1996 (AIAA Education Series).

**PRJ-44 – DESENVOLVIMENTO E CONSTRUÇÃO DE MICRO-VEÍCULOS AÉREOS.**

Requisito: não há. Horas semanais: 1-0-1-2. Introdução ao projeto de micro-veículos aéreos: requisitos, prospecção tecnológica, controle, comunicação, análise paramétrica, construção e ensaios. Ambientes de operação de micro-veículos aéreos. Conceitos básicos para o projeto de micro-veículo aéreo: definição da configuração, estimativa de peso, estimação dos coeficientes aerodinâmicos, dimensionamento inicial, análise de estabilidade e controlabilidade, especificação do sistema propulsivo, especificação do sistema de controle e atuadores. Gerenciamento do programa de projeto e construção de micro-veículos aéreos: divisão do trabalho, cronograma, gerenciamento de configuração e troca de informações na equipe de projeto. Construção de um exemplar: materiais e métodos usados na construção, integração de sistemas na configuração. Ensaios com o protótipo: planejamento, execução e análise dos resultados dos ensaios. **Bibliografia:** Mueller, T., *Fixed and Flapping Wings Aerodynamics for Micro Air Vehicle Applications*, Washington, AIAA, 2001 (AIAA Progress in Aeronautics and Astronautics); Roskam, J., *Airplane design*, partes I-VIII, Lawrence, Kansas, DAR Corporation, 2000-2003; Mueller, T., Ifju, P. G., and Shkarayev, S. V., *Introduction to the Design of Fixed-Wing Micro Air Vehicles Including Three Case Studies*, AIAA, (AIAA Education Series).

**PRJ-46 – PROJETO E CONSTRUÇÃO DE AEROMODELOS.** *Requisito:* não há. *Horas semanais:* 1-0-3-2.

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 voo. **Bibliografia:** Raymer, D.P., *Aircraft design: a conceptual approach*, 3ª ed., Washington, AIAA, 1999 (AIAA Education Series); 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 (AIAA Education Series).

**PRJ-51 – INTRODUÇÃO À AQUISIÇÃO DE DADOS.** *Requisito:* não há. *Horas semanais:* 1-0-1-2.

Noções gerais de instrumentação; Visão global de aquisição de dados; Introdução ao ambiente LabVIEW®. Criação, edição e “debug” de uma VI. Criação de uma SubVI. “Loops & Charts”. “Arrays, Graphs & Clusters”. “Case & Sequence Structures”. “Strings & File I/O”. Aquisição de dados. **Bibliografia:** *LabVIEW Basics I*, Course Manual, Course Software Version 6.0, Setembro 2000.

**PRJ-53 – PROJETO AERONÁUTICO ASSISTIDO POR COMPUTADOR.** *Requisito:* não há.

*Horas semanais:* 1-0-1-2. Ambiente CATIA®. “Part Design” (modelamento sólido 3D). “Assembly Design” (montagem). “Drafting” (detalhamento 2D). “Wireframe and Surfaces” (modelamento de

superfícies 3D). **Bibliografia:** Manuais CATIA, Dassault Systemes.

**PRJ-55 – ANÁLISES DE CONFIGURAÇÕES DE AERONAVES.** *Requisito:* PRJ-02. *Horas semanais:* 2-0-0-2. Configurações de aeronave. Estudos de mercado. Análise econômico-financeira. Plano de negócios. Fases do Projeto aeronáutico. Análises com relatório e apresentações de projetos de aeronaves existentes. **Bibliografia:** Raymer, D.P., *Aircraft design: a conceptual approach*, Washington, AIAA, 1989 (AIAA Education Series); Stinton, D., *The anatomy of the airplane*, 2ª ed., Reston, VA., AIAA, 1998 (AIAA General Publication Series); *Pilot's handbook of aeronautical knowledge*, Washington, Federal Aviation Administration, 2003.

**PRJ-57 - DINÂMICA DOS FLUIDOS COMPUTACIONAL APLICADA A PROJETO DE AERONAVE.** *Requisitos:* AED-22 e PRJ-11. *Horas semanais:* 2-0-0-2. Fundamentos de cálculo numérico. Revisão e aplicabilidade das equações da dinâmica dos fluidos. Algoritmos de marcha no tempo. Malhas computacionais. Técnicas de aceleração de convergência. Técnicas de visualização da solução. Dinâmica dos fluidos computacionais na indústria aeronáutica. Princípios de otimização numérica. Algoritmos genéticos. Códigos computacionais utilizados na indústria aeronáutica. Análise de perfis aerodinâmicos simples e com dispositivos hiper-sustentadores. Análise aerodinâmica de configurações de aeronave. Projeto ótimo de aerofólio. Escoamento no interior de cabinas de passageiros com considerações de transferência de calor. **Bibliografia:** Versteeg, H.K. and Malalasekera, W., *An introduction to Computational Fluid Dynamics: The Finite Volume Method (2nd Edition)*, Prentice Hall, 1<sup>st</sup> Edition, February 1996; Anderson, J.D., *Computational Fluid Dynamics: The Basics with Applications*, McGraw Hill, 1995; Fletcher, C.A.J., *Computational Techniques for Fluid Dynamics*, Vols. 1-2, Springer Verlag, Berlin, 1991.

**PRJ-60 – HOMOLOGAÇÃO AERONÁUTICA.** *Requisito:* EST-22 e PRP-20. *Horas semanais:* 2-0-0-2. Organização do sistema internacional de homologação aeronáutica. Regulamentos de homologação e publicações acessórias. O processo de homologação. Homologação de oficinas, companhias aéreas e aeronavegantes. Homologação do projeto de tipo de aeronaves, motores e equipamentos. Requisitos principais de voo, 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, DAC, 2006; *Federal Airworthiness Regulations, Code of Federal Regulations*, Washington, Federal Aviation Administration, 2006.

**PRJ-65 – MÉTODOS DE OTIMIZAÇÃO EM ENGENHARIA.** *Requisito:* não há. *Horas semanais:* 1-1-0-2. Conceitos de otimização em engenharia. Condições de otimizabilidade. Otimização de funções univariáveis. Métodos de otimização de funções irrestritas: direções conjugadas; gradientes conjugados; métrica variável (DFP, BFGS); Newton. Técnicas de minimização sequencial com funções de penalidade. Introdução à programação linear; programação linear sequencial; método das direções viáveis; método do gradiente generalizado reduzido; programação quadrática sequencial. Método do recozimento simulado. Introdução aos algoritmos genéticos. Otimização com variáveis discretas. Otimização multi-objetivo. Técnicas de aproximação. Aplicações a problemas de engenharia. **Bibliografia:** Vanderplaats, G.N., *Numerical optimization techniques for engineering design*, 3ª ed., Colorado Springs, Vanderplaats Research & Development, 1999; Reklaitis, G.V., Ravindran, A., Ragsdell, K.M., *Engineering optimization methods and applications*, New York, John Wiley, 1983.

**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.

### Matérias Facultativas da Divisão

**AER-20 – VOO À VELA I.** *Requisito:* ter concluído curso introdutório ao voo à vela, no Clube de Voo a Vela do CTA. *Carga Horária:* 19 aulas teóricas e 20 voos duplo comando. **Vagas:** 15. **Aulas Teóricas:** Aerodinâmica, estabilidade, controle e desempenho: comandos primários e secundários; voo do planador; desempenho, polar de arrasto e de velocidades; voo em térmicas; Velocidades de estol, manobra, máxima em ar turbulento, nunca a exceder, final de projeto; fator de carga; diagrama V-n. Materiais aeronáuticos e construção de planadores: construções aeronáuticas; estruturas, comandos, sistemas, regulamentos; Meteorologia: ascendentes/descendentes (térmicas, orográficas, outras) da atmosfera; diagrama de Stüve; tempestades; frentes e outros fenômenos; INMET; sistema de meteorologia para a aeronáutica; mensagens meteorológicas (METAR / TAF / SIGWX / WIND ALOFT). Navegação. Regulamentos: espaço aéreo; introdução ao direito aeronáutico; ICAO; sistema legal aeronáutico brasileiro; aeroportos; sinalização e comunicação. **Aulas Práticas:** voos de instrução duplo comando, demonstrando os assuntos dados em teoria, com avaliações do aprendizado em cada voo conforme ficha de avaliação. **Avaliação:** Prova de fim de curso baseada nos assuntos teóricos abordados. Média da avaliação final obtida nos voos e nota da prova. Em nenhum caso uma avaliação deficiente nos voos deverá reprovar um aluno, visto haver requisito de habilidade. **Duração:** 1 ano letivo.

**AER-30 – VOO À VELA II.** *Requisito:* AER-20, com avaliação maior do que 7,5, inclusive nos voos; ter completado um mínimo de 200 horas de trabalhos de pesquisa, desenvolvimento ou manufatura, no âmbito dos Projetos do Planador Bi-place P1 e/ou Aerodesign; aprovação prévia em inspeção de saúde. Seleção em função da projeção da futura atuação profissional. O aluno selecionado deverá comprometer-se a realizar, sob orientação, trabalhos de pesquisa e desenvolvimento no âmbito do Projeto do Planador Bi-place P1, num total de 400 horas. *Carga Horária:* auto-estudo teórico e 35 voos duplo comando e solo. **Vagas:** 5. **Teoria:** auto-estudo pela literatura especializada, preparando-se para as provas do DAC / SERAC-em Teoria de voo, Conhecimentos técnicos, Meteorologia, Navegação e Regulamentos **Prática:** 35 voos de instrução duplo comando e solo, com avaliações do aprendizado em cada voo. **Prova:** Teórica no SERAC-4 / SP e prática com examinador credenciado pelo Depto. de Aviação Civil, para obtenção do Certificado de Habilitação Técnica de Piloto de Planador. **Duração:** 1 ano letivo.