



FICHA DE COMPONENTE CURRICULAR

CÓDIGO: FEMEC43080	COMPONENTE CURRICULAR: CARGAS EM AERONAVES E AEROELASTICIDADE	
UNIDADE ACADÊMICA OFERTANTE: FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA		SIGLA: FEMEC
CH TOTAL TEÓRICA: 60	CH TOTAL PRÁTICA: 15	CH TOTAL: 75

OBJETIVOS

Capacitar o aluno para: a) compreender e modelar matematicamente os fenômenos aeroelásticos estáticos e dinâmicos; b) integrar os critérios aeroelásticos no projeto de aeronaves; c) determinar cargas atuantes em estruturas de aeronaves durante manobras-padrão; d) utilizar as normas internacionais para determinação de fatores de carga.

EMENTA

Revisão de conceitos de dinâmica de estruturas e aerodinâmica. Aeroelasticidade estática. Efeitos da flexibilidade da asa sobre eficiência de controle. Aeroelasticidade dinâmica. Aerosservoelasticidade. Manobras em equilíbrio. Manobras dinâmicas. Cargas devidas a rajadas e turbulência. Manobras em solo. Normas FAR e JAR. Acoplamento de modelos estruturais e aeroelásticos.

PROGRAMA

1. APRESENTAÇÃO DA DISCIPLINA
 - 1.1. Objetivos
 - 1.2. Conteúdo programático
 - 1.3. Bibliografia
 - 1.4. Sistema de avaliação
2. REVISÃO DE CONCEITOS FUNDAMENTAIS
 - 2.1. Vibrações de sistemas discretos
 - 2.2. Vibrações de sistemas contínuos
 - 2.3. Aerodinâmica estacionária
3. AEROELASTICIDADE ESTÁTICA
 - 3.1. Comportamento aeroelástico de aerofólios bidimensionais rígidos com suspensões elásticas
 - 3.2. Comportamento aeroelástico de asas flexíveis engastadas
 - 3.3. Efeito de trimagem sobre o comportamento aeroelástico estático
 - 3.4. Efeito do enflechamento sobre o comportamento aeroelástico estático
4. AEROELASTICIDADE ESTÁTICA: EFEITO DA FLEXIBILIDADE DA ASA SOBRE A EFICIÊNCIA DE CONTROLE
 - 4.1. Eficiência de rolagem de uma asa flexível
 - 4.2. Influência da posição da superfície de controle ao longo da envergadura
 - 4.3. Modelo completo da aeronave – eficiência do controle

- 4.4. Efeito da trimagem sobre velocidade de reversão
- 4.5. INTRODUÇÃO À AERODINÂMICA NÃO ESTACIONÁRIA
- 4.6. Forças e momentos aerodinâmicos atuantes em um aerofólio oscilante
- 4.7. Derivadas aerodinâmicas oscilatórias
- 4.8. Rigidez e amortecimento aerodinâmicos
- 4.9. Aerodinâmica não estacionária relacionada a rajadas
- 5. AEROELASTICIDADE DINÂMICA – *FLUTTER*
 - 5.1. Modelo aerodinâmico não estacionário simplificado
 - 5.2. Modelo aeroelástico binário
 - 5.3. Equações gerais da aeroelasticidade
 - 5.4. Autovalores e equações de *flutter*
 - 5.5. Comportamento aeroelástico do modelo binário
 - 5.6. Comportamento aeroelástico de uma asa flexível
 - 5.7. Previsão de velocidades de flutter para sistemas binários
 - 5.8. Flutter cônico
 - 5.9. Divergência de sistemas aeroelásticos
 - 5.10. Flutter de superfícies de controle
 - 5.11. Modelo da aeronave completa. Inclusão de modos de corpo rígido
 - 5.12. Flutter em regime transônico
 - 5.13. Flutter em regime supersônico
 - 5.14. Efeitos de não linearidades: ciclos limites
- 6. AEROSERVOELASTICIDADE
 - 6.1. Modelagem de sistemas aeroelásticos com superfícies de controle
 - 6.2. Implementação de sistema de controle
 - 6.3. Determinação de estabilidade em malha fechada
 - 6.4. Resposta à rajada do sistema controlado
 - 6.5. Análise de respostas no domínio da frequência
 - 6.6. Modelagem em espaço de estado
- 7. MANOBRAS EM EQUILÍBRIO
 - 7.1. Manobra em equilíbrio. Aeronave rígida sob aceleração normal
 - 7.2. Envelope de manobra
 - 7.3. Manobra de guinada de aeronaves rígida e flexível
 - 7.4. Correções devidas à flexibilidade
 - 7.5. Manobras de rolagem e arfagem
 - 7.6. Representação de sistemas de controle de voo
- 8. MANOBRAS DINÂMICAS
 - 8.1. Guinada de aeronaves rígidas devidas a acionamento de profundor
 - 8.2. Guinada de aeronaves flexíveis devidas a acionamento de profundor
 - 8.3. Rolagem de aeronaves rígidas devidas a acionamento de ailerons
 - 8.4. Rolagem de aeronaves flexíveis devidas a acionamento de ailerons
 - 8.5. Correções das equações do movimento devidas à flexibilidade
 - 8.6. Representação de sistemas de controle de voo
- 9. CARGAS DEVIDAS A RAJADAS E TURBULÊNCIA
 - 9.1. Resposta à rajada no domínio do tempo
 - 9.2. Respostas à rajada de aeronaves rígidas
 - 9.3. Respostas à rajada de aeronaves flexíveis
 - 9.4. Forma geral das equações do movimento no domínio do tempo
 - 9.5. Resposta à turbulência no domínio da frequência
 - 9.6. Respostas à turbulência de aeronaves rígidas
 - 9.7. Respostas à turbulência de aeronaves flexíveis
 - 9.8. Forma geral das equações do movimento no domínio da frequência
 - 9.9. Representação de sistemas de controle de voo
- 10. MANOBRAS EM SOLO
 - 10.1. Trem de pouso
 - 10.2. Taxi, decolagem e aterrissagem
 - 10.3. Frenagem
 - 10.4. Representação de sistemas de controle
- 11. CRITÉRIOS FAR/JAR PARA DETERMINAÇÃO DE CARGAS DE MANOBRAS
- 12. ACOPLAMENTO DE MODELOS ESTRUTURAIS E AEROELÁSTICOS

- 12.1. Modelos bidimensionais de aeroelasticidade estática
- 12.2. Modelos bidimensionais de aeroelasticidade dinâmica
- 12.3. Análise tridimensional de flutter
- 13. AULAS PRÁTICAS
 - 13.1. Implementação de modelos aeroelásticos estáticos e dinâmicos em ambiente MATLAB/SIMULINK
 - 13.2. Evidenciamento de fenômenos aeroelásticos estáticos e dinâmicos em túnel de vento
 - 13.3. Implementação de técnicas de controle aeroelástico

BIBLIOGRAFIA BÁSICA

- BIELAWA, R. L. **Rotary wing structural dynamics and aeroelasticity**. Reston: American Institute of Aeronautics and Astronautics, 2006.
- DOWELL, E. H. (Ed.). **A modern course in aeroelasticity**. 4th ed. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2008.
- HODGES, D. H.; PIERCE, G. A. **Introduction to structural dynamics and aeroelasticity**. Cambridge: Cambridge University Press, 2002.
- WRIGHT, J. R.; COOPER, J. E. **Introduction to aircraft aeroelasticity and loads**. Hoboken: Wiley, 2008.

BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR

- BISMARCK-NASR, M. N. **Structural dynamics in aeronautical engineering**. Reston: American Institute of Aeronautical Engineering, 1999.
- BISPLINGOFF, R. L.; ASHLEY, H.; HALFMAN, R. L. **Aeroelasticity**. Reading: Addison-Wesley, 1985.
- BISPLINGOFF, R. L.; ASHLEY, H. **Principles of aeroelasticity**. Mineola: Dover, 2002, 527p.
- DONALDSON, B. K. **Analysis of aircraft structures**. 2nd ed. New York: Cambridge University Press, 2008.
- FUNG, Y. C. **An Introduction to the theory of aeroelasticity**. Mineola: Dover, 2008.
- MEGSON, T. H. G. **Aircraft structures for engineering students**. 4th ed. Oxford: Butterworth-Heinemann, 2007..
- HODGES, D. H.; PIERCE, G. A. **Introduction to structural dynamics and aeroelasticity**. Cambridge: Cambridge University Press, 2002..
- RICHARD, L. B. **Rotary wing structural dynamics and aeroelasticity**. Reston: AIAA, 2006.

APROVAÇÃO

____/____/____

Carimbo e assinatura do Coordenador do Curso

____/____/____

Carimbo e assinatura do Diretor da
Unidade Acadêmica



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

FICHA DE COMPONENTE CURRICULAR

CÓDIGO: FEMEC43081	COMPONENTE CURRICULAR: MECÂNICA DO VÔO E CONTROLE DE AERONAVES	
UNIDADE ACADÊMICA OFERTANTE: FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA		SIGLA: FEMEC
CH TOTAL TEÓRICA: 60	CH TOTAL PRÁTICA: 15	CH TOTAL: 75

OBJETIVOS

Capacitar o aluno para: entender os fundamentos da mecânica e sua modelagem física, matemática e computacional; aplicar técnicas modernas de controle para a estabilização de aeronaves.

EMENTA

Equações do movimento de aeronaves. Estabilidade Estática de aeronaves. Linearização das equações do movimento. Estabilidade dinâmica de aeronaves. Controle e aumento da estabilidade de aeronaves.

PROGRAMA

1. APRESENTAÇÃO DA DISCIPLINA
 - 1.1. Objetivos
 - 1.2. Conteúdo programático
 - 1.3. Bibliografia
 - 1.4. Sistema de avaliação
2. EQUAÇÕES DE MOVIMENTO DE AERONAVES
 - 2.1. Sistemas de coordenadas da aeronave
 - 2.2. Transformações de coordenadas
 - 2.3. Forças atuantes na aeronave
 - 2.4. Momentos atuantes na aeronave
 - 2.5. Equações do movimento longitudinais e laterais da aeronave
 - 2.6. Equações cinemáticas

3. ESTABILIDADE ESTÁTICA DE AERONAVES
 - 3.1. Forças e momentos longitudinais
 - 3.2. Estabilidade estática longitudinal
 - 3.3. Forças e momentos laterais
 - 3.4. Estabilidade estática lateral
 - 3.5. Derivadas de forças e momentos em regime permanente
4. LINEARIZAÇÃO DAS EQUAÇÕES DO MOVIMENTO
 - 4.1. Método das pequenas perturbações
 - 4.2. Linearização das equações do movimento da aeronave
 - 4.3. Aproximação de primeira ordem de forças e momentos externos
 - 4.4. Aproximação de primeira ordem de forças e momentos de propulsão
5. ESTABILIDADE DINÂMICA DE AERONAVES
 - 5.1. Sistemas massa-mola-amortecedor e soluções clássicas de equações diferenciais ordinárias
 - 5.2. Diretrizes para estabilização dinâmica
 - 5.3. Métricas de Cooper-Harper
 - 5.4. Determinação experimental de parâmetros de segunda ordem
6. CONTROLE CLÁSSICO POR REALIMENTAÇÃO
 - 6.1. Análise de sistemas de segunda ordem em malha fechada
 - 6.2. Funções de transferência em malha fechada
 - 6.3. Análise de lugar das raízes
7. ESTABILIZAÇÃO DE AERONAVES
 - 7.1. Estabilização em laço interno e controle
 - 7.2. Piloto automático e sistema de navegação
 - 7.3. Filtros de compensação
 - 7.4. Sistemas combinados
8. TÓPICOS ESPECIAIS
 - 8.1. Controle digital
 - 8.2. Algoritmos de controle avançados
 - 8.3. Sistemas de controle de voo reversíveis e irreversíveis
9. AULAS PRÁTICAS:
 - 9.1. Obtenção de equações do movimento de aeronaves utilizando computação simbólica
 - 9.2. Simulação do comportamento de aeronaves em ambiente MATLAB
 - 9.3. Projeto e implementação de sistemas de controle em ambiente MATLAB/SIMULINK

BIBLIOGRAFIA BÁSICA

ETKIN, B., REID, L. D. **Dynamics of flight: stability and control**. 3rd ed. New York: Wiley, 1995.
OGATA, K. **Engenharia de controle moderno**. Rio de Janeiro: Prentice Hall do Brasil, 1982.
YECHOUT, T. R. et al. **Introduction to aircraft flight mechanics: performance, static stability, dynamic stability, and classical feedback control**. Reston, 2003

BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR

FRANKLIN, J. A. **Dynamics, control, and flying qualities of V/STOL aircraft**. Reston: American Institute of Aeronautics and Astronautics, 2002.
MOIR, I. **Aircraft systems: mechanical, electrical, and avionics subsystems integration**. Chichester: West Sussex, 2008.
NGUYEN, X. V. **Flight mechanics of high performance aircraft**. Cambridge: Cambridge University Press, 1993.
STEVENS, B. L.; LEWIS, F. L. **Aircraft control and simulation**. Hoboken: Wiley, 2003.
WOLOVICH, W. A. **Linear multivariable systems**. New York: Springer, 1974.

APROVAÇÃO

____ / ____ / ____

Carimbo e assinatura do Coordenador do Curso

____ / ____ / ____

Carimbo e assinatura do Diretor da
Unidade Acadêmica



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

FICHA DE COMPONENTE CURRICULAR

CÓDIGO: FEMEC43082	COMPONENTE CURRICULAR: HOMOLOGAÇÃO DE AERONAVES	
UNIDADE ACADÊMICA OFERTANTE: FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA		SIGLA: FEMEC
CH TOTAL TEÓRICA: 30	CH TOTAL PRÁTICA: 00	CH TOTAL: 30

OBJETIVOS

Capacitar o aluno para entendimento dos procedimentos e requisitos estabelecidos pelos regulamentos internacionais de homologação aeronáutica.

EMENTA

Sistema internacional de homologação aeronáutica. Regulamentos. Processo de homologação. Metodologias de cumprimento de requisitos.

PROGRAMA

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 BÁSICA

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL (Brasil). **Regulamento Brasileiro de Aviação Civil RBAC 21.** Certificação de produto aeronáutico. 2009. Disponível em: <<http://www.anac.gov.br/participacao-social/audiencias-e-consultas-publicas/audiencias/2009/aud31/rbac-21-anexoresolucao.pdf>>. Acesso em: 20 jul. 2017.

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL (Brasil). **Regulamento Brasileiro de Aviação Civil RBAC 119.** Certificação: operadores regulares e não regulares. 2009. Disponível em:

<<http://www.anac.gov.br/participacao-social/audiencias-e-consultas-publicas/audiencias/2009/aud21/resolucaoanexo119.pdf>>. Acesso em: 20 jul. 2017.
DE FLORIO, F. **Airworthiness**: an introduction to aircraft certification. 2nd ed. Amsterdam: Butterworth-Heinemann, 2006.

BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL (Brasil). **Manual de Procedimento de Regulamentação MPR-100**: certificação de aeronavegabilidade. 2010. Disponível em <<http://www2.anac.gov.br/certificacao/MPR/Textos/MPR-100-004-P.pdf>>. Acesso em: 20 jul. 2017.

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL (Brasil). **Manual de Procedimento de Regulamentação MPR-020**: processo normativo. Disponível em: <<http://www2.anac.gov.br/certificacao/MPR/Textos/MPR-100-007-P.pdf>>. Acesso em: 20 jul. 2017.

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL (Brasil). **Regulamento Brasileiro de Homologação de Aeronaves RBHA 91**: regras gerais de operação de aeronaves civis. Disponível em <http://www.anac.gov.br/assuntos/legislacao/legislacao-1/rbha-e-rbac/rbha/rbha-091/@@display-file/arquivo_norma/rbha091.pdf>.

COMMITTEE ON AIRCRAFT CERTIFICATION SAFETY MANAGEMENT. **Improving the Continued Airworthiness of Civil Aircraft**. Washington: The National Academies Press, 1998.

INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION. **Convention on international civil aviation**, 9th ed. 2006.Doc 7300. Disponível em <http://www.icao.int/publications/Documents/7300_cons.pdf>. Acesso em: 20 jul. 2017.

APROVAÇÃO

____ / ____ / ____

Carimbo e assinatura do Coordenador do Curso

____ / ____ / ____

Carimbo e assinatura do Diretor da
Unidade Acadêmica



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

FICHA DE COMPONENTE CURRICULAR

CÓDIGO: FEMEC43083	COMPONENTE CURRICULAR: AERODINÂMICA COMPUTACIONAL	
UNIDADE ACADÊMICA OFERTANTE: FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA		SIGLA: FEMEC
CH TOTAL TEÓRICA: 45	CH TOTAL PRÁTICA: 15	CH TOTAL: 60

OBJETIVOS

Capacitar o aluno para: a) entendimento e implementação de procedimentos numéricos de resolução de problemas de aerodinâmica; b) utilização de programas comerciais de mecânica dos fluidos computacional

EMENTA

Modelagem matemática de escoamentos, solução numérica de modelos diferenciais, estabelecimentos de modelos físicos, estabelecimento de modelos diferenciais, estabelecimento de modelos computacionais, pré-processamento, processamento, pós processamento, aplicações em aerodinâmica.

PROGRAMA

1. APRESENTAÇÃO DA DISCIPLINA
 - 1.1. Objetivos
 - 1.2. Conteúdo programático
 - 1.3. Bibliografia
 - 1.4. Sistema de avaliação
2. REVISÃO DE MECÂNICA DOS FLUIDOS
3. MÉTODOS NUMÉRICOS
 - 3.1. Diferenças finitas
 - 3.2. Volumes finitos
 - 3.3. Acoplamento pressão velocidade
 - 3.4. Métodos para discretização temporal: Euler, Runge-Kutta, Adams-Bashfort; Crank-Nicolson
4. SOLUÇÃO NUMÉRICA DE UM PROBLEMA DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR – EQUAÇÃO DA CONDUÇÃO
 - 4.1. Definição do modelo físico: escolha de um problema de condução 3D transiente
 - 4.2. Definição do modelo matemático diferencial: equação da energia e condições de contorno e iniciais
 - 4.3. Estabelecimento do modelo discreto: discretização do modelo diferencial

- 4.4. Montagem do algoritmo e desenvolvimento do programa computacional
- 4.5. Validação do modelo computacional: simulação e comparação com dados de referência
- 4.6. Uso do modelo computacional: simulação de casos, montagem de gráficos e visualização, montagem de animação numérica.
5. SOLUÇÃO NUMÉRICA DE UM PROBLEMA DE MECÂNICA DOS FLUIDOS – EQUAÇÕES DE NAVIER-STOKES
 - 5.1. Definição do modelo físico: escolha de um problema de mecânica dos fluidos simples cartesiano (exemplo: cavidade, degrau), bidimensional, transiente
 - 5.2. Definição do modelo matemático diferencial: equações de Navier-Stokes e condições de contorno e iniciais
 - 5.3. Estabelecimento do modelo discreto: discretização do modelo diferencial
 - 5.4. Montagem do algoritmo e desenvolvimento do programa computacional
 - 5.5. Validação do modelo computacional: simulação e comparação com dados de referência
 - 5.6. Uso do modelo computacional: simulação de casos, montagem de gráficos e visualização, montagem de animação numérica.
6. USO DE PROGRAMAS COMERCIAIS
 - 6.1. Escolha de uma ferramenta comercial ou disponível na internet para aplicações de CFD
 - 6.2. Definição do modelo físico: escolha de um problema de aerodinâmica - asa, hipersustentador, nacele, asa-pilone, turbina asa, etc.
 - 6.3. Definição do modelo matemático diferencial: EDPs, condições de contorno e iniciais que caracterizam o problema
 - 6.4. Definição das condições operacionais: parâmetros adimensionais – relações geométricas, número de Reynolds
 - 6.5. Definição do modelo computacional, em conformidade com a ferramenta escolhida: método de discretização espacial, método de discretização temporal, solver de sistema linear, modelo de turbulência
 - 6.6. Pré-Processamento
 - 6.7. Processamento
 - 6.8. Pós-Processamento
7. AULAS PRÁTICAS

Aplicações de programas comerciais para análise aerodinâmica de componentes de aeronaves
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 BÁSICA

- ANDERSON JR., J. D. **Computational fluid dynamics: the basics with applications**. New York: McGraw-Hill, 1995.
- TANNEHILL, J. C.; ANDERSON, D. A.; PLETCHER, R. H. **Computational fluid mechanics and heat transfer**, Washington, 1984.
- FLETCHER, C. A. J. **Computational techniques for fluid dynamics**. New York: Springer-Verlag, 1992.

BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR

FERZIGER, J. H.; PERIC, M. **Computational methods for fluid dynamics**. Berlin: Springer, 1999.
POPE, S. B. **Turbulent flows**. Cambridge: Cambridge University Press, 2000.
LESIEUR, M. **Turbulence in fluids**. Dordrecht: Springer, 2007.
PATANKAR, S. V. **Numerical heat transfer and fluid flow**. New York: Hemisphere, 1980.
MALISKA, C. R. **Transferência de calor e mecânica dos fluidos computacional**. 2. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2004.

APROVAÇÃO

____ / ____ / ____

Carimbo e assinatura do Coordenador do Curso

____ / ____ / ____

Carimbo e assinatura do Diretor da
Unidade Acadêmica



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

FICHA DE COMPONENTE CURRICULAR

CÓDIGO: FEMEC43084	COMPONENTE CURRICULAR: FADIGA E MECÂNICA DA FRATURA	
UNIDADE ACADÊMICA OFERTANTE: FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA		SIGLA: FEMEC
CH TOTAL TEÓRICA: 45	CH TOTAL PRÁTICA: 15	CH TOTAL: 60

OBJETIVOS

Capacitar o aluno para: a) entendimento da fenomenologia e dos métodos de análise de componentes estruturais sujeitos a cargas cíclicas; b) incorporar os critérios baseados na fadiga aos procedimentos de dimensionamento estrutural, diagnóstico e prognóstico de falhas estruturais.

EMENTA

Revisão de conceitos de Mecânica dos Sólidos. Fratura de peças com trincas. Método baseado em tensões para análise de fadiga. Métodos baseados em tensões aplicados a peças entalhadas. Propagação de trincas de fadiga. Deformações plásticas e modelos constitutivos. Noções sobre comportamento dependente do tempo.

PROGRAMA

1. APRESENTAÇÃO DA DISCIPLINA
 - 1.1. Objetivos
 - 1.2. Conteúdo programático
 - 1.3. Bibliografia
 - 1.4. Sistema de avaliação
2. HISTÓRICO DE PROBLEMAS DE FADIGA E FRATURA.
3. REVISÃO DE CONCEITOS FUNDAMENTAIS
 - 3.1. Estrutura de materiais cristalinos
 - 3.2. Deformação elástica e resistência teórica
 - 3.3. Deformação anelástica
 - 3.4. Ensaio mecânicos básicos
 - 3.5. Relações tensão –deformação
 - 3.6. Estados de tensão de deformação biaxiais e triaxiais
4. FRATURA DE PEÇAS COM TRINCAS
 - 4.1. Conceitos matemáticos
 - 4.2. Aplicação do fator K em projeto e análise
 - 4.3. Tenacidade à fratura

- 4.4. Tamanho da zona plástica e limitações da Mecânica da Fratura Linear
- 4.5. Extensão da Mecânica da Fratura além da elasticidade linear
- 5. FADIGA DE MATERIAIS: MÉTODO BASEADO EM TENSÕES
 - 5.1. Definições e conceitos
 - 5.2. Fontes de carregamentos cíclicos
 - 5.3. Ensaio de fadiga
 - 5.4. Curvas S-N
 - 5.5. Tensões médias
 - 5.6. Tensões multiaxiais
 - 5.7. Carregamentos com amplitude variável
- 6. MÉTODOS DE ANÁLISE DE FADIGA BASEADOS EM TENSÕES: PEÇAS ENTALHADAS
 - 6.1. Efeitos de entalhes
 - 6.2. Sensibilidade ao entalhe e estimações empíricas de k_f
 - 6.3. Efeitos combinados de entalhes e tensões médias
 - 6.4. Estimativa de resistência à fadiga de alto ciclo
 - 6.5. Estimativa de curvas S-N
 - 6.6. Projeto tolerante às falhas por fadiga
- 7. PROPAGAÇÃO DE TRINCAS DE FADIGA
 - 7.1. Testes para estimativa da velocidade de propagação
 - 7.2. Efeito do parâmetro R sobre o crescimento de trincas
 - 7.3. Estimativa de vida para amplitudes de carregamento constantes
 - 7.4. Estimativa de vida para amplitudes de carregamento variáveis
 - 7.5. Considerações de projeto
 - 7.6. Aspectos de plasticidade e limitações da mecânica da fratura linear para previsão de propagação de trincas
- 8. DEFORMAÇÕES PLÁSTICAS E MODELOS CONSTITUTIVOS
 - 8.1. Curvas tensão-deformação
 - 8.2. Modelos reológicos para previsão de curvas de descarregamento e comportamento sob carga cíclica
- 9. AULAS PRÁTICAS
 - 9.1. Ensaio padronizados para avaliação da resistência à fadiga
 - 9.2. Determinação experimental de parâmetros da mecânica da fratura.

BIBLIOGRAFIA BÁSICA

- ANDERSON, T. L. **Fracture mechanics: fundamentals and applications**. 3. ed.. Boca Raton: Taylor & Francis, 2005.
- JANSSEN, M.; ZUIDEMA, J.; WANHILL, R. J. H. **Fracture mechanics**. 2nd ed. London: Spon Press, 2004.
- Sun, C. T. **Mechanics**

BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR

- ATKINS, A. G.; MAI, Y. M. **Elastic and plastic fracture**: metals, polymers, ceramics, composites, biological metals. Chichester: J. Wiley, 1988.
- BANNANTINE, J. A. **Fundamentals of metal fatigue analysis**. 1. ed. Englewood Cliffs: Prentice Hall, 1990;
- BROEK, D. **Elementary engineering fracture mechanics**. 4th ed. Dordrecht: Kluwer Academic Pub, 1991,
- DOWLING, N. E. **Mechanical behavior of materials**: engineering methods for deformation, fracture and fatigue, 2. ed. Upper Saddle River: Prentice Hall, 1998.
- FELBECK, D. K.; ATKINS, A. G. **Strength and fracture of engineering solids**. 2nd ed. Upper Saddle River: Prentice Hall, 1996.
- MEGUID, S. A. **Engineering fracture mechanics**. London: Elsevier Applied Science, 1989.

APROVAÇÃO

____ / ____ / ____

Carimbo e assinatura do Coordenador do Curso

____ / ____ / ____

Carimbo e assinatura do Diretor da
Unidade Acadêmica



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

FICHA DE COMPONENTE CURRICULAR

CÓDIGO: FEMEC43085	COMPONENTE CURRICULAR: PROJETO DE AERONAVES I	
UNIDADE ACADÊMICA OFERTANTE: FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA		SIGLA: FEMEC
CH TOTAL TEÓRICA: 30	CH TOTAL PRÁTICA: 30	CH TOTAL: 60

OBJETIVOS

Capacitar o aluno para realizar projetos de aeronaves mediante a integração de conceitos e métodos aprendidos nas disciplinas anteriormente cursadas.

EMENTA

Projeto conceitual de aeronaves. Determinação de cargas. Dimensionamento. Verificação de requisitos e desempenho e estabilidade. Projeto estrutural. Seleção de materiais. Seleção de perfis aerodinâmicos.

PROGRAMA

Análise das fases de um projeto: conceitual, preliminar e detalhado. Estimativa inicial do peso de uma aeronave. Definição da configuração de uma aeronave: perfil e dispositivos de hypersustentação, forma em planta de uma asa, 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. Estimativa da polar de arrasto. Verificação do cumprimento dos requisitos através de cálculos de desempenho. Peso e centragem. Estimativas dos pesos dos vários componentes. Passeio do CG. Momentos de Inércia. Regulamentos e requisitos do projeto estrutural de aeronaves. Cargas devidas a manobras e rajadas simétricas. Diagrama V-n. Cargas devidas ao rolamento e derrapagem. Cargas devidas a operações no solo. Cargas nos berços dos motores. Cargas de pressurização e impacto de pássaros. Análise da distribuição das cargas sobre os sistemas estruturais da aeronave. Aspectos gerais do projeto estrutural de aviões. Materiais utilizados em projeto estrutural aeronáutico e perspectivas futuras. Projeto estrutural da asa. Projeto estrutural da fuselagem. Projeto de juntas em estruturas aeronáuticas. Uso do NASTRAN® em projeto de estruturas aeronáuticas. Estimativa de derivadas de estabilidade de uma aeronave. Projeto de perfis aerodinâmicos e de asas nos regimes subsônico e transônico, utilizando ferramentas computacionais. Discussão sobre a questão da interferência asa – fuselagem. Conceitos básicos de soluções numéricas. Utilização de códigos computacionais em projeto aerodinâmico.

BIBLIOGRAFIA BÁSICA

RAYMER, D. P. **Aircraft design: a conceptual approach**. 4th ed. Reston: AIAA Education, 2006.
ROSKAM, J. **Airplane design**. Lawrence: DAR Corporation, 2000.
TORENBEEK, E. **Synthesis of subsonic airplane design**. Dordrecht: Kluwer Academic Publ., 1982.

BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR

ANDERSON, J. **Aircraft performance and design**. Boston: McGraw-Hill Education, 1999.
JENKINSON, L. R., MARCHMAN, J. F. **Aircraft design for engineering students**. Reston: AIAA Education, 2003.
LOMAX, T. **Structural loads analysis for commercial transport aircraft: theory and practice**. Washington: AIAA, 1996.
JENKINSON, L. R.; MARCHMAN, J. F. **Aircraft design projects for engineering students**. Reston: AIAA Education, 2003.,
NIU, M. C. Y. **Airframe structural design: practical design information and data on aircraft structures**. 2. ed. Hong Kong: Hong Kong Conmilit Press, 2002.

APROVAÇÃO

____/____/____

Carimbo e assinatura do Coordenador do Curso

____/____/____

Carimbo e assinatura do Diretor da
Unidade Acadêmica



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

FICHA DE COMPONENTE CURRICULAR

CÓDIGO: FEMEC43086	COMPONENTE CURRICULAR: PROPULSÃO DE AERONAVES	
UNIDADE ACADÊMICA OFERTANTE: FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA		SIGLA: FEMEC
CH TOTAL TEÓRICA: 45	CH TOTAL PRÁTICA: 15	CH TOTAL: 60

OBJETIVOS

Capacitar o aluno para: a) conhecer os fundamentos construtivos e operacionais dos sistemas de propulsão aeronáuticos; b) avaliar as variações do desempenho dos motores com a altitude e velocidade da aeronave; c) avaliar os tipos e características adequadas de sistemas de propulsão em projetos de aeronaves.

EMENTA

Princípios da operação e parâmetros de desempenho dos sistemas de propulsão e suas aplicações. Motores a pistão, jato, *turbo-fan*, *turbo-prop*, *ram-jet* e foguete. Eficiência propulsiva, térmica e global. Variação do desempenho dos motores com a altitude. Empuxo de decolagem e de cruzeiro. Curvas de desempenho típicas. Seleção de hélices. Emissões de poluentes dos motores aeronáuticos e níveis regulamentados.

PROGRAMA

1. APRESENTAÇÃO DA DISCIPLINA
 - 1.1. Objetivos
 - 1.2. Conteúdo programático
 - 1.3. Bibliografia
 - 1.4. Sistema de avaliação
2. PARÂMETROS DE DESEMPENHO DE MOTORES AERONÁUTICOS
 - 2.1. Eficiência térmica
 - 2.2. Eficiência propulsiva
 - 2.3. Eficiência global
3. ASPECTOS CONSTRUTIVOS E INFLUÊNCIA DA ALTITUDE SOBRE O FUNCIONAMENTO E DESEMPENHO DOS SISTEMAS DE PROPULSÃO.
 - 3.1. Motores a pistão
 - 3.2. *Turbo-jet*
 - 3.3. *Turbo-fan*
 - 3.4. *Turbo-prop*
 - 3.5. *Ram-jet*
 - 3.6. Motor foguete
 - 3.7. Curvas de desempenho típicas
4. FUNDAMENTOS DO FUNCIONAMENTO DAS TURBO-MÁQUINAS DE USO NA PROPULSÃO

AERONÁUTICA

- 4.1. Equação de Euler para as turbo-máquinas
- 4.2. Diagramas de velocidade nas máquinas axiais e radiais
- 4.3. Grau de reação
- 4.4. Turbinas a gás,
 - 4.4.1. Ciclo Brayton e ciclos reais
 - 4.4.2. Seleção do número de estágios para expansão / compressão em turbinas
 - 4.4.3. Rotação específica e sua relação com a eficiência do estágio
 - 4.4.4. Motivação para o arrefecimento de palhetas
- 4.5. Hélices
 - 4.5.1. Teoria de Betz para o escoamento pelo disco do hélice
 - 4.5.2. Análise de Glauert para a distribuição de carga em hélices – Método do Elemento de Pá
 - 4.5.3. Correção de Prandtl
 - 4.5.4. Parâmetros adimensionais: razão de avanço, coeficiente de empuxo e torque. Fator de atividade.
 - 4.5.5. Mapas de desempenho e seleção de hélices. Efeito da altitude sobre o desempenho de hélices.
5. Emissões de poluentes: mecanismos de formação de gases poluentes durante a combustão. Níveis regulamentados e legislação restritiva.
6. Aulas práticas: medição experimental de parâmetros de desempenho de sistemas de propulsão.

BIBLIOGRAFIA BÁSICA

HEYWOOD, J. B. **Internal combustion engine fundamentals**. New York: McGraw-Hill Inc., 1988.
HILL, P.; PETERSON, C. **Mechanics and thermodynamics of propulsion**. 2nd ed, Reading: Addison-Wesley, 1991.
OATES, G. C. **Aircraft propulsion systems technology and design**. Washington: AIAA, 1989.

BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR

FAROKHI, S. **Aircraft propulsion**. 1st ed. Hoboken: Wiley, 2008.
HEISLER, H. **Advanced engine technology**. Warrendale: SAE International, 1995.
MATTINGLY, J. D.; HEISER, W. H.; PRATT, D. T. **Aircraft engine design**. 2nd ed. Reston: American Institute of Aeronautics and Astronautics, 2002.
ROSKAM, J. **Airplane Design**. Lawrence: Dar Corporation, 2000.
TURCHI, P. J. **Propulsion techniques: action and reaction**. Reston: AIAA, 1998.

APROVAÇÃO

____ / ____ / ____

Carimbo e assinatura do Coordenador do Curso

____ / ____ / ____

Carimbo e assinatura do Diretor da
Unidade Acadêmica