



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA



FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA
COLEGIADO DO CURSO DE ENGENHARIA AERONÁUTICA

PLANO DE ENSINO REMOTO EMERGENCIAL

1. IDENTIFICAÇÃO

COMPONENTE CURRICULAR: Mecânica do Voo e Controle de Aeronaves				
UNIDADE OFERTANTE: Faculdade de Engenharia Mecânica – FEMEC				
CÓDIGO: FEMEC43081		PERÍODO/SÉRIE: 8º Eng. Aeronáutica		TURMA: U
CARGA HORÁRIA			NATUREZA	
TEÓRICA: 60	PRÁTICA: 15	TOTAL: 75	OBRIGATÓRIA: (X)	OPTATIVA: ()
PROFESSOR(A): Felipe Machini Malachias Marques				ANO/SEMESTRE: AARE 22/10 a 22/12
OBSERVAÇÕES: Disciplina ministrada de forma remota em conformidade a RESOLUÇÃO CONGRAD Nº 7/2020 , que "Dispõe sobre a instituição, autorização e recomendação de Atividades Acadêmicas Remotas Emergenciais , em caráter excepcional e facultativo, em razão da epidemia da COVID-19, no âmbito do ensino da Graduação na Universidade Federal de Uberlândia".				

2. 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.



3. JUSTIFICATIVA

A mecânica do voo é uma disciplina que envolve o estudo de desempenho, estabilidade e controle de veículos que operam na atmosfera. Em resumo, trata-se da análise de como as forças e momentos que atuam no veículo influenciam a sua velocidade e atitude a longo do tempo. Nesse sentido, as análises de mecânica do voo são uma ferramenta fundamental durante os processos de desenvolvimento do projeto conceitual e certificação de uma aeronave. Isso se deve ao fato de que, a partir dessas análises, é possível inferir sobre critérios de estabilidade, qualidade de voo e segurança operacional. Assim, este curso busca apresentar tais critérios, assim como uma metodologia de análise relacionando-os com outros conceitos apresentados ao longo do curso de Engenharia Aeronáutica.

4. OBJETIVOS

Objetivo Geral:

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

Objetivos Específicos:

- Obter as equações do movimento de uma aeronave
- Descrever as forças e momentos atuantes
- Linearizar o modelo utilizando a teoria das pequenas perturbações
- Obter as derivadas de estabilidade utilizando DATCOM
- Fazer análises de estabilidade estática e dinâmica
- Analisar como as análises de mecânica do voo afetam o projeto conceitual de uma aeronave
- Aplicar técnicas de controle clássicas para aumento de estabilidade

5. 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. AULAS PRÁTICAS:

8.1. Obtenção de equações do movimento de aeronaves utilizando computação simbólica

8.2. Simulação do comportamento de aeronaves em ambiente MATLAB

8.3. Projeto e implementação de sistemas de controle em ambiente MATLAB/SIMULINK

6. METODOLOGIA

A disciplina será ministrada através de aulas remotas. Nessas, serão feitas a apresentação do conteúdo, discussões, resolução de exercícios e estudos de caso com base no conteúdo programático apresentado. Ao longo das aulas, serão propostos exercícios aos alunos para fixação do conteúdo e utilizados como critérios de avaliação.

Para a divulgação do conteúdo, reuniões por videoconferência, compartilhamento do material didático e divulgação das aulas assíncronas gravadas, será priorizada plataforma Teams vinculada ao Office 365 disponibilizado a toda comunidade da UFU. Importante destacar que será criado um “*team*” com o nome da disciplina assim como um canal para vídeos. Outras ferramentas poderão ser utilizadas conforme apresentado na Tabela 1.

Tabela 1 - Recursos utilizados na disciplina.

Atividade	Plataforma Utilizada
Aulas gravadas	Teams (Microsoft Stream)
Conteúdo de Aula	Teams (Microsoft Stream), Google Drive
Reuniões por videoconferência	Teams, Google Meetings, Zoom, Webex
Compartilhamento de material bibliográfico	Teams, Google Drive
Avaliações	Teams

As propostas de exercício de fixação e avaliação utilizarão softwares de matemática computacional como Matlab ou Cilab. Ainda, utilizar-se-á o software DATCOM para análises aerodinâmicas.



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA



Em conformidade com a resolução CONGRAD N° 7/2020, as atividades relacionadas à disciplina foram subdivididas em Síncronas (encontros *online*) e Assíncronas (sem a presença em tempo real do professor), dividindo a carga horária total de 45h, assim como se segue:

Atividades Síncronas (36h)

As atividades síncronas serão disponibilizadas para discussões sobre o conteúdo, resolução de exercícios e atendimento de dúvidas aos alunos.

- Carga Horária: 36h em 9 semanas > 100min/aula > 4 aulas por semana.
- Horários de Realização: De acordo com o horário previsto inicialmente para 2020/1. Ou seja:
- Quarta-feira – 16:00 às 17:40
- Quinta-feira – 13:10h às 14:50h;

Atividades Assíncronas (39h)

O conteúdo da disciplina será apresentado por meio de aulas assíncronas gravadas e sugestões de leitura com base no conteúdo bibliográfico da disciplina. Ainda, serão propostas atividades avaliativas e exercícios aos alunos que deverão ser entregues dentro de um prazo estabelecido. Todo conteúdo será disponibilizado aos discentes por meio da plataforma Teams.

7. AVALIAÇÃO

As avaliações serão feitas através de exercícios propostos com base no conteúdo apresentado semanalmente e deverão ser entregues na forma de relatórios técnicos. Nestes exercícios, os conceitos de aula serão avaliados por meio de estudos de caso onde os dados de análise serão fornecidos pelo professor e os alunos deverão apresentar e discutir os resultados. Assim, 50 pontos da disciplina serão divididos em 8 testes semanais com pesos equivalentes que deverão ser feitos online, referentes aos tópicos 2 a 4, apresentados no programa da disciplina. A segunda atividade avaliativa consiste na entrega de dois relatórios técnicos com peso de 20 pontos na média cada um. Por fim, os últimos 10 pontos serão referentes a um trabalho que os alunos deverão apresentar no final da disciplina. Neste caso o tema será atribuído pelo professor e os alunos deverão fazer uma apresentação síncrona do assunto.

8. BIBLIOGRAFIA

Principais:



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA



Roskam, Jan. *Airplane Flight Dynamics and Automatic Flight Controls*. Lawrence,KS: DAR Corporation, 2001.

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.

Complementares:

YECHOUT, T. R. et al. *Introduction to aircraft flight mechanics: performance, static stability, dynamic stability, and classical feedback control*. Reston, 2003

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.

9. APROVAÇÃO

Aprovado em reunião pelo Colegiado realizada em: ____/____/____

Coordenação do Curso de Graduação em Engenharia Aeronáutica