



Faculdade de Engenharia Mecânica
COLEGIADO DO CURSO DE ENGENHARIA AERONÁUTICA

PLANO DE ENSINO REMOTO

1. IDENTIFICAÇÃO

COMPONENTE CURRICULAR: Aerodinâmica Computacional				
UNIDADE OFERTANTE: Faculdade de Engenharia Mecânica				
CÓDIGO: FEMEC43083		PERÍODO/SÉRIE: 8º		TURMA: W
CARGA HORÁRIA			NATUREZA	
TEÓRICA: 45	PRÁTICA: 15	TOTAL: 60	OBRIGATÓRIA: (X)	OPTATIVA: ()
PROFESSORES: João Rodrigo Andrade e Francisco José de Souza				ANO/SEMESTRE: Etapa 2
OBSERVAÇÕES: <ul style="list-style-type: none">• Disciplina ministrada inteiramente de maneira remota em atendimento a: Portaria nº 188, de 3 de fevereiro de 2020, do Ministério da Saúde; Lei 13.979/2020, de 06/02/2020; Portaria nº 356, de 11/03/2020, do Ministério da Saúde; Ofício Circular 3/2020/CGLNES/GAB/SESU/SESU-MEC; Resolução Ad Referendum CONGRAD Nº. 06/2020; Parecer Nº. 05/2020 do Conselho Nacional de Educação; Portaria MEC Nº. 544; Resolução 15/2011/CONGRAD; Resolução 30/2011/CONGRAD.• Quantidade de Vagas Ofertadas: 50.				

2. 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.

3. JUSTIFICATIVA

As ferramentas computacionais tornaram-se indispensáveis ao projeto de aeronaves, e os futuros engenheiros devem ser capacitados para a utilização de tais recursos.

4. OBJETIVO

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



5. 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-Bashforth; 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, hypersustentador, nacelle, 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, solucionador de sistema linear, modelo de turbulência.
- 6.6. Pré-Processamento
- 6.7. Processamento
- 6.8. Pós-Processamento

6. AULA PRÁTICAS

Aplicações de programas comerciais para análise aerodinâmica de componentes de aeronaves. O software a ser utilizado é o Ansys Fluent (qualquer versão a partir da 14), cuja versão acadêmica (gratuita) pode ser obtida na página: <https://www.ansys.com/academic/free-student-products>

7. METODOLOGIA

As atividades de ensino estão divididas em síncronas¹ e assíncronas². A carga horária original total da disciplina (60h) será dividida conforme seguem as próximas seções.

7.1. Atividades síncronas.

- Carga horária prevista: 15h em 9 semanas - 18ha de 50min, cada;
- Dias e horários (conforme grade horária vigente):
 - Quarta-feira: das 13:10 até 14:00.
 - Sexta-feira: das 8:50 até 10:40.
- Abordagem:
 - Ministrar os conteúdos teóricos e práticos previstos no programa da disciplina;
 - Atender às dúvidas dos alunos durante a aula *on-line*;
 - Contextualização dos conteúdos com exemplos aplicáveis à indústria.
- Plataforma virtual:
 - **Microsoft Teams**³. Na primeira aula síncrona o docente irá apresentar o funcionamento da plataforma em relação ao acesso às informações, trabalhos, mensagens e vídeos de aulas já gravados. Porém, o primeiro acesso será feito pelo próprio aluno. O próximo item contém a URL de cadastro na plataforma. Depois de cadastrado, o aluno será vinculado à sala virtual pelo próprio docente e passará a receber as notificações sobre aulas e atividades;

¹ Atividades remotas feitas de maneira *on-line*, onde o docente e os alunos participam da aula por intermédio de uma sala virtual na Internet;

² Atividades e ensino e estudo feitas pelos alunos **sem** a presença do docente em tempo real. Atividades compostas pela proposição da realização de listas de exercícios, trabalhos e a visualização de vídeos previamente gravados e disponíveis nas plataformas de *streaming* selecionadas.

³ Para mais detalhes, acesse: <https://www.ead.ufu.br/mod/book/view.php?id=82948&chapterid=4732>



- **Google Drive®.** Além do Microsoft Teams, o Google Drive será utilizado para hospedagem e compartilhamento de todo conteúdo distribuído pelo docente. O compartilhamento será realizado pelo seguinte endereço web: <https://sites.google.com/view/joaorodrigoandrade> .
- Inscrição: alunos devem usar o e-mail institucional para se cadastrar por meio do link: <https://docs.microsoft.com/en-us/office365/servicedescriptions/office-365-platform-service-description/office-365-education> , conforme descrito no OFÍCIO N° 113/2020/CTI/REITO-UFU;
- O professor montará a sala virtual para vincular os alunos matriculados (informação fornecida pela coordenação do curso);
 - Suporte a áudio e vídeo (professor → alunos);
 - Suporte apenas a áudio (alunos → Professor), gerenciado pelo professor.
- **Materiais de apoio ao ensino remoto:**
 - Material passivo disponibilizado no site profissional do professor por meio das plataformas propostas, i.e. Microsoft Teams e Google Drive. Os materiais são compostos pelos seguintes itens:
 - Apresentações com os conteúdos teóricos da disciplina;
 - Listas de exercícios;
 - Materiais complementares dos conteúdos previstos no programa;
 - Vídeos das aulas. Todas as aulas síncronas serão gravadas e publicadas na plataforma Microsoft Teams Streamer®, acessível pelo Teams de cada aluno, para acesso remoto. Estas também serão compartilhadas através da plataforma Google Drive através do seguinte link: <https://sites.google.com/view/joaorodrigoandrade/ensino/v%C3%ADdeos-aulas>

7.2. Atividades assíncronas

- **Carga horária prevista:** 45h;
 - Totalização da carga horária teórica restante (45 horas);
- **Dias e horários:** definidos pelos próprios alunos;
- **Abordagem:**
 - ***Carga horária teórica restante.*** Resolução de exercícios associados aos conteúdos ministrados em cada semana. A cada semana serão produzidos e publicados vídeos que, somados, duram aproximadamente 4 horas com explicações complementares e resoluções de exercícios referentes aos conteúdos teóricos ministrados nas atividades síncronas. Os vídeos serão publicados sempre na sexta-feira da semana associada ao conteúdo;

Obs.: Para permitir a vinculação dos alunos às salas virtuais do Microsoft Team® é necessário que cada aluno faça sua inscrição na plataforma usando seu e-mail institucional. E para que o professor possa vincular os alunos nas salas virtuais na modalidade de ‘participante’ (com controle de áudio e



vídeo pelo docente) é necessário que o docente possua a lista contendo nomes e e-mails institucionais dos alunos matriculados. É imprescindível que a coordenação gere esta lista em tempo hábil para que o docente possa configurar a sala de reuniões virtual de maneira que todos os alunos matriculados possam assistir às aulas.

8. AVALIAÇÃO

- **Provas individuais.** Cada aluno receberá uma prova personalizada, por meio do canal Teams®. O aluno deve resolver a prova de próprio punho e, ao concluí-la, deve escanear ou tirar fotos da folha de resposta para enviar ao docente, também pelo canal apropriado do Teams®.
- **Projetos.** Projetos serão propostos para cada aluno. O aluno deverá aplicar os conceitos estudados no curso a casos práticos encontrados na indústria.
- **Teste.** Para a parte prática, haverá um teste final individual, a ser realizado durante a aula síncrona), utilizando o software ANSYS Fluent.

9. BIBLIOGRAFIA

Básica

- ANDERSON JR., J.D., Computational Fluid Dynamics: The Basics with Applications, McGraw-Hill, 1995.
- ANDERSON, D.A., TANNEHILL, J.C., PLETCHER, R.H., Computational Fluid Mechanics and Heat Transfer, Hemisphere, 1984.
- FLETCHER, C.A.J., Computational Techniques for Fluid Dynamics, Springer-Verlag, 1992.

Complementar

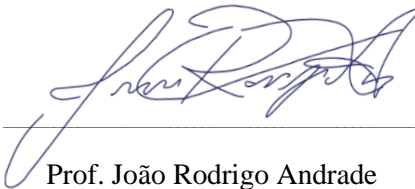
- HENNE, P.A., Applied Computational Aerodynamics, Progress in Astronautics and Aeronautics Series, V-125, Published by AIAA, 1990, ISBN-13: 978-0-930403-69-0.
- FERZIGER, J.H., PERIC, M., Computational Methods for Fluid Dynamics, Springer, Berlin, 2003.
- POPE, S.B., Turbulent Flows, Cambridge University Press, UK, 2000.
- LESIEUR, M., Turbulence in Fluids (Fluid Mechanics and Its Applications), Springer, 2007.
- PATANKAR, S.V., Numerical Heat Transfer and Fluid Flow, McGraw-Hill, New York, 1980.
- MALISKA, C.R., Transferência de Calor e Mecânica dos Fluidos Computacional, 2ª edição, LTC, Rio de Janeiro, 2004.



9. APROVAÇÃO

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

Coordenação do Curso de Graduação em: _____



Prof. João Rodrigo Andrade