



**PLANO DE ENSINO**

<b>Disciplina</b>	MECÂNICA DOS FLUIDOS 2 (ENM 0082)
<b>Curso</b>	ENGENHARIA MECÂNICA
<b>Professor responsável</b>	ANDRÉ VON BORRIES LOPES E FRANCISCO RICARDO DA CUNHA
<b>Semestre</b>	2º/2021
<b>Pré-requisitos</b>	MECÂNICA DOS FLUIDOS 1 (ENM 0140)
<b>Horário de aulas</b>	AULAS TEÓRICAS: SEGUNDAS E QUARTAS, DAS 10H ÀS 11H50  EXPERIMENTOS, AULAS DE EXERCÍCIOS E ATENDIMENTO AOS ALUNOS: SEXTAS DAS 10H ÀS 10H50 (TURMA A), DAS 11H ÀS 11H50 (TURMA B), DAS 12H ÀS 12H50 (TURMA C), DAS 13H ÀS 13H50 (TURMA D)
<b>Local</b>	AULAS SÍNCRONAS: MS TEAMS ATIVIDADES DE LABORATÓRIO: LABORATÓRIO DE MECÂNICA DOS FLUIDOS. – ENM – SG-09 (OS TRÊS EXPERIMENTOS SERÃO GRAVADOS E APRESENTADOS DE FORMA REMOTA VIA VÍDEOS)
<b>Atendimento aos alunos</b>	MS TEAMS
<b>Objetivos da Disciplina</b>	INTRODUZIR O ALUNO A FORMULAÇÃO DIFERENCIAL DAS EQUAÇÕES QUE GOVERNAM A HIDRODINÂMICA DOS FLUIDOS. SOLUÇÃO DE ESCOAMENTOS POTENCIAIS, SOLUÇÃO DE ESCOAMENTOS UNIDIRECIONAIS DE FLUIDOS VISCOSOS E FUNDAMENTOS DA CAMADA LIMITE HIDRODINÂMICA.  EM CONFORMIDADE COM O PLANO GERAL DE RETOMADA DAS ATIVIDADES ACADÊMICAS PROPOSTO PELO COMITÊ DE COORDENAÇÃO DE ACOMPANHAMENTO DAS AÇÕES DE RECUPERAÇÃO (CCAR-UNB), OS PROFESSORES DA DISCIPLINA MECÂNICA DOS FLUIDOS 2 OPTARAM POR UM PLANEJAMENTO REMOTO EMERGENCIAL PARA RETOMADA DAS ATIVIDADES ACADÊMICAS. AS ATIVIDADES DE LABORATÓRIO SERÃO APRESENTADAS NA FORMA DE VÍDEO. SERÁ ENTREGUE AOS ALUNOS OS ROTEIROS EXPERIMENTAIS DIGITALIZADOS, COM RESPECTIVOS DADOS, VINCULADOS A CADA EXPERIMENTO.  A SEGUIR APRESENTA-SE UM PLANEJAMENTO ESPECÍFICO PARA AS ATIVIDADES DA DISCIPLINA EM TELA.
<b>Metodologia de Ensino</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• AULAS EXPOSITIVAS TEÓRICAS NA FORMA NÃO PRESENCIAL SÍNCRONA VIA PLATAFORMA MICROSOFT TEAMS. CONTEÚDO COBERTO DO PROGRAMA DA DISCIPLINA: (1) INTRODUÇÃO, (2) CINEMÁTICA DE ESCOAMENTOS, (3) HIDRODINÂMICA DE FLUIDO IDEAL E (4) HIDRODINÂMICA DE FLUIDOS VISCOSOS.</li><li>• TRÊS EXPERIMENTOS VINCULADOS ÀS ATIVIDADES DE LABORATÓRIO NA FORMA REMOTA DE VÍDEO. A SABER: (I) VISUALIZAÇÃO DE ESCOAMENTOS; (II) ESCOAMENTO EM TORNO DE UM CILINDRO EM TÚNEL DE VENTO E (III) MEDIDAS DE VISCOSIDADES DE FLUIDOS NEWTONIANOS E NÃO NEWTONIANOS.</li></ul> TODO MATERIAL DIDÁTICO/PEDAGÓGICO REFERENTE ÀS LISTAS DE EXERCÍCIOS, AOS ESTUDOS DIRIGIDOS E AOS TRÊS ROTEIROS EXPERIMENTAIS CONTINUARÁ SENDO DISPONIBILIZADO PARA OS ESTUDANTES DA DISCIPLINA NA FORMA DIGITALIZADA VIA LINK: <a href="http://www.vortex.unb.br/">http://www.vortex.unb.br/</a> .
<b>Programa</b>	<b>1 – CINEMÁTICA DE ESCOAMENTOS</b> 1.1 – Noções de análise tensorial e teoremas integrais 1.2 – Modelo de um meio contínuo e o número de Knudsen 1.3 – Descrição Lagrangiana e Euleriana 1.4 – Função de corrente, linhas de corrente, trajetórias e linhas de emissão 1.5 – Teorema do transporte de Reynolds 1.6 – A equação da continuidade na forma diferencial 1.7 – A equação da continuidade na forma diferencial 1.8 – Taxa de dilatação volumétrica e incompressibilidade

---

## 2 – ESCOAMENTO INVÍSCIDO INCOMPRESSÍVEL

- 2.1– Vorticidade: escoamento irrotacional e solenoidal
- 2.2– Potencial de velocidade e a equação de Laplace
- 2.3– Escoamentos potenciais simples e superposição
- 2.4– Escoamento em de um cilindro com e sem circulação
- 2.5– Equações do movimento de um fluido ideal (equação de Euler)
- 2.6– Circulação, Teorema de Kelvin e equação da vorticidade
- 2.7– Vorticidade: escoamento irrotacional e solenoidal
- 2.8– Arrasto e sustentação

## 3 – FORMULAÇÃO DIFERENCIAL DA EQUAÇÃO DO MOVIMENTO

- 3.1– Equações do movimento: Teoria de Cuchy
- 3.2– Relação tensão-taxa de deformação para um fluido Newtoniano
- 3.3– As equações de Navier-Stokes (N-S)
- 3.4– Análise de escalas e adimensionalização das equações de N-S
- 3.5– Limites das equações para altos e baixos Reynolds: Euler e Stokes

## 4 – ESCOAMENTO LAMINAR VISCOSO INCOMPRESSÍVEL: SOLUÇÕES EXATAS

- 4.1– Soluções exatas das equações de Navier-Stokes para escoamentos unidirecionais: placas paralelas, Hagen-Poiseuille, Cilindros rotativos
- 4.2– Lei de Stokes – Solução em coordenadas esféricas axissimétrica
- 4.3– Difusão 1D-transiente da vorticidade em um meio semi-infinito

## 5 – FUNDAMENTOS E APLICAÇÕES DA TEORIA DA CAMADA LIMITE (CL)

- 5.1– Análise de escala das equações de N-S para escoamento na CL
- 5.2– Equações da CL para escoamento sobre placa plana
- 5.3– Similaridade e solução de Blasius – espessura da CL e arrasto viscoso
- 5.4– Definição das espessuras de deslocamento e momento linear da CL
- 5.5– Análise integral: Método de solução Kármán-Pohlhausen
- 5.6– Equações de Reynolds para CL turbulenta
- 5.7– Teoria de Boussinesq e comprimento de mistura - Prandtl
- 5.8– Análise dimensional: velocidade de fricção e fator de fricção
- 5.9– Perfil de Blasius e perfil logarítmico de Kármán-Prandtl – tubos lisos e rugosos
- 5.10– Mecanismos de transição e separação da CL

---

O critério de avaliação será baseado para cálculo da nota final em:

- 3 provas subjetivas com diferentes pesos sobre os tópicos da ementa da disciplina (80%)
- Atividades de Laboratório (10%)

- Experimento 1: Visualização de escoamentos (04/03)
- Experimento 2: Calibração do túnel de vento e Escoamento em torno de um cilindro (08/04)
- Experimento 3: Medidas de viscosidade de líquidos em cisalhamento linear e quadrático (04/05)

- Estudos dirigidos (apresentados no decorrer do curso) (10%)

As datas das provas informadas abaixo estão definidas de acordo com o Cronograma de Atividades do novo calendário acadêmico de retomada de aulas remotas emergenciais da UnB.

### Critério de Avaliação

- Prova 1 (P1) peso 1 – 11/03
- Prova 2 (P2) peso 2 – 15/04
- Prova 3 (P3) peso 3 – 05/05

Nota Final (NF)

$$NF = 0,75 MP + 0,1 ML + 0,15 ME$$

$$MP = (P1 + 2*P2 + 3*P3)/6$$

MP: média das provas

ML: média das atividades de laboratórios (relatórios)

ME: média dos estudos dirigidos

---

**Bibliografia  
Recomendada**

**Principal:**

- ACHESON, D. J. *Elementary Fluid Dynamics*. 1991.  
 BRODKEY, R. S. *The Phenomena of Fluid Motions*. 1967.  
 GRAEBEL, W. *Advanced Fluid Mechanics*. 2007.  
 GRANGER, R.A. *Fluid Mechanics*. 1995.  
 PAPANASTASIOU, G. G. *Viscous Fluid Flow*. 1999.  
 PAO, R. H. F. *Fluid Dynamics*. 1967.  
 PATERSON, A. R. *A First Course in Fluid Dynamics*. 1983.  
 SHAMES, I. H. *Mecânica dos Fluidos*. 1976  
 TRITTON, D.J. *Mecânica dos Fluidos*. 1998

**Complementar:**

- BATCHELOR, C.K. *An introduction to fluid dynamics*. 2000  
 LANDAU, L.D. & LIFSHITZ, E. M. *Fluid mechanics*. 1987  
 SCHLICHTING, H. *Boundary layer theory*. 1960

2021.2

**CALENDÁRIO UNIVERSITÁRIO DE GRADUAÇÃO**

POR ATIVIDADES

JANEIRO							FEVEREIRO					MARÇO					ABRIL					MAIO																			
D	S	T	Q	Q	S	S	D	S	T	Q	Q	S	S	D	S	T	Q	Q	S	S	D	S	T	Q	Q	S	S	D	S	T	Q	Q	S	S							
						1			1	2	3	4	5			1	2	3	4	5																					
2	3	4	5	6	7	8	6	7	8	9	10	11	12	6	7	8	9	10	11	12	3	4	5	6	7	8	9	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
9	10	11	12	13	14	15	13	14	15	16	17	18	19	13	14	15	16	17	18	19	10	11	12	13	14	15	16	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
16	17	18	19	20	21	22	20	21	22	23	24	25	26	20	21	22	23	24	25	26	17	18	19	20	21	22	23	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31				
23	24	25	26	27	28	29	27	28	29	30	31			27	28	29	30	31			24	25	26	27	28	29	30	29	30	31											
30	31																																								
17/01 - Início do período de aulas							11/02 - 25% do período de aulas 28/02 - Ponto Facultativo					01/03 - Carnaval 11/03 - 50% do período de aulas					07/04 - 75% do período de aulas 15/04 - Paixão de Cristo 21/04 - Tiradentes					05/05 - Término do período de aulas																			