

**EAMB7004-CAMADAS-LIMITE NATURAIS E TRANSPORTE DE  
POLUENTES (45 h, 3 Créditos)**  
(3º Trimestre de 2021)

Prof. Nelson Luís Dias



HORÁRIO: 3<sup>as</sup> e 5<sup>as</sup>, 07:30–09:10

LOCAL: PF-16

EMENTA: Ementa: Revisão das equações de Navier-Stokes e das equações de transporte para temperatura e para um escalar passivo ou ativo; simplificações e soluções analíticas de problemas laminares, incluindo escoamento sob pressão em tubos, e escoamento com superfície livre em canal unidimensional. As equações de camada-limite de Blasius: soluções numéricas para escoamentos laminares. Turbulência: o conceito estatístico de escala turbulenta; escala integral; micro-escalas de Kolmogorov; micro-escala de Taylor; as equações de Reynolds de ordem 1 e 2; modelos de fechamento. Camadas-limite turbulentas: transferência convectiva de momentum, calor e massa. Transferência de calor por radiação. Escoamentos turbulentos em tubos: obtenção semi-analítica das equações de perda de carga (Diagrama de Moody). Escoamentos em canais: obtenção semi-analítica das equações de perda de carga (Manning). A Camada-Limite Atmosférica e a Camada-Limite Oceânica: efeitos de flutuabilidade, número de Richardson e comprimento de estabilidade de Obukhov.

CRITÉRIO PARA NOTA: Conceito final baseado em 3 provas, aproximadamente mensais.

BIBLIOGRAFIA: N. L. Dias, “Mecânica da Turbulência”, notas de aula (nldias.github.io), 2021;  
G. K. Batchelor, “Introduction to Fluid Dynamics”, Cambridge University Press, Cambridge, 1967;  
H. Schlichting, K. Gersten, “Boundary Layer Theory”, Springer, 2000;  
Kundu, “Fluid Mechanics”, Academic Press, San Diego, 1990.  
H. Tenenkes, J. L. Lumley “A First Course in Turbulence”, MIT Press, Cambridge, 1975;  
A. A. Townsend, “The structure of turbulent shear flow”, Cambridge University Press, Cambridge, 1976;  
P. A. Davidson, “Turbulence – An Introduction for Scientists and Engineers”, Oxford University Press, Oxford, 2004.  
Bird, Lightfoot e Stewart. “Transport Phenomena”, Wiley, 2007.

## PROGRAMAÇÃO TENTATIVA

Aula	Data	Conteúdo	Progresso
1	14/09/21	<b>1. Introdução:</b> variáveis aleatórias, valores esperados, processos estocásticos, decomposição de Reynolds.	
2	16/09/21	<b>2. Equações diferenciais de transporte:</b> notação indicial, continuidade, misturas	
3	21/09/21	<b>2. Equações diferenciais de transporte:</b> quantidade de movimento, vorticidade.	
4	23/09/21	<b>2. Equações diferenciais de transporte:</b> vorticidade.	
5	28/09/21	<b>2. Equações diferenciais de transporte:</b> energia e dissipação viscosa.	
6	30/09/21	<b>3. Macro e micro escalas da turbulência:</b> definições formais.	
7	05/10/21	<b>3. Macro e micro escalas da turbulência:</b> A cascata de energia, gradientes microscópicos. <b>P1</b>	
7	07/10/21	<b>4. Equações para o escoamento médio e a aproximação de Boussinesq:</b> o estado hidrostático de referência, estado de referência na atmosfera, flutuações de densidade	
	12/10/21	Feriado: N. S. de Aparecida	
8	14/10/21	<b>4. Equações para o escoamento médio e a aproximação de Boussinesq:</b> conservação de massa e de quantidade de movimento.	
9	19/10/21	<b>4. Equações para o escoamento médio e a aproximação de Boussinesq:</b> correlação pressão-temperatura, e ordens de grandeza para a equação da temperatura.	
10	21/10/21	<b>5. As equações de ordem 2:</b> a dedução das equações de ordem 2.	
11	26/10/21	<b>5. As equações de ordem 2:</b> a equação para a energia cinética da turbulência.	
12	28/10/21	<b>5. As equações de ordem 2:</b> As ordens de grandeza de todos os termos.	
	02/11/21	Feriado: Finados	
13	04/11/21	<b>5. Modelos de fechamento para as equações de ordem 2. P2</b>	
14	09/11/21	<b>6. Soluções laminares das equações de Navier-Stokes:</b> soluções clássicas	
15	11/11/21	<b>6. Soluções laminares das equações de Navier-Stokes:</b> solução de Blasius.	
16	16/11/21	<b>7. Camadas-limite turbulentas:</b> escoamento em dutos.	
17	18/11/21	<b>7. Camadas-limite turbulentas:</b> escoamento em dutos (parede rugosa)	
18	23/11/21	<b>7. Camadas-limite turbulentas:</b> escoamento em dutos (regime de transição)	
19	25/11/21	<b>7. Camadas-limite turbulentas:</b> a fórmula de Manning.	
20	30/11/21	<b>7. Camadas-limite turbulentas:</b> a fórmula de Manning.	
21	02/12/21	<b>8. Espectros:</b> definição e a Teoria de Kolmogorov	
22	07/12/21	<b>8. Espectros:</b> A cascata de energia revisitada	
23	09/12/21	<b>8. Espectros:</b> As relações de isotropia.	