



## **PLANO DE ENSINO – 2020/1**

<b>IDENTIFICAÇÃO DA DISCIPLINA:</b>				
<b>CÓDIGO</b>	<b>NOME DA DISCIPLINA</b>	<b>TURMA</b>	<b>Nº DE HORAS-AULA SEMANAIS</b>	<b>TOTAL DE HORAS-AULA SEMESTRAIS</b>
EQA5415	Fenômenos de Transferência I	05215	04	72

<b>PROFESSOR(ES) MINISTRANTE(S)</b>	<b>CONTATO</b>
Bruno Francisco Oechsler	b.oechsler@ufsc.br

<b>PRÉ-REQUISITO(S)</b>	
<b>CÓDIGO</b>	<b>NOME DA DISCIPLINA</b>
EQA5318 e MTM5162 <b>ou</b> EQA5318 e MTM3102	Introdução aos Processos Químicos e Cálculo B <b>ou</b> Introdução aos Processos Químicos e Cálculo 2-

<b>EQUIVALENTES</b>
ENQ1415 <b>ou</b> ENQ5415

<b>CURSO(S) PARA O(S) QUAL(IS) A DISCIPLINA É OFERECIDA</b>
ENGENHARIA QUÍMICA ENGENHARIA DE ALIMENTOS

<b>EMENTA</b>
Estática dos fluidos. Balanços globais e diferenciais de massa, energia e quantidade de movimento. Análise dimensional e similaridade.

<b>OBJETIVOS</b>
O estudante deverá ser capaz de identificar cada termo das equações de conservação de massa, quantidade de movimento e energia, bem como dimensionar tubulações para o transporte de fluidos e calcular a espessura da camada-limite hidrodinâmica laminar.

<b>CONTEÚDO PROGRAMÁTICO</b>
1 - Introdução
2 - Estática dos fluidos: Lei de Pascal, variação da pressão com a posição em fluidos compressíveis e incompressíveis. Manometria.
3 - Dinâmica dos fluidos. Definição de fluidos. Viscosidade de fluidos Newtonianos. Reologia dos fluidos. Escoamento laminar e turbulento.
4 - Balanço global de massa.
5 - Balanço global de energia. Balanço de energia mecânica. Teorema de Torricelli.
6 - Balanço global de quantidade de movimento.
7 - Balanço diferencial de massa.



8 - Balanço diferencial de quantidade de movimento. Aplicações de Equação de Navier-Stokes.

9 - Camada limite. Placa plana. Espessura da camada limite, Perfil de velocidade. Solução de Blasius.

10- escoamento turbulento. Distribuição de velocidades no escoamento turbulento em duto circular liso. Perfil universal de velocidades. Coeficiente de atrito. Comprimento equivalente.

11- Análise dimensional e modelos reduzidos.

Aula	Conteúdo
1 05/03 2h	<b>Tópico 1 – Terminologia (Aula Ministrada em Março):</b> Conceito de Fluido, Hipótese do Contínuo, Dimensões e Sistema de Unidades. Exercício sobre Conversão de Unidades
2 10/03 2h	<b>Tópico 1 – Terminologia (Aula Ministrada em Março):</b> Campos escalares, vetoriais e tensoriais. Viscosidade (fluidos newtonianos e não-newtonianos). Analogia entre os Mecanismos de Transporte Molecular de Quantidade de Movimento, Calor e Massa de uma Espécie Química. Exercício sobre Viscosímetro.
1 01/09 2h	<b>Tópico 1 (Revisão) – Terminologia (Aula Síncrona no MS Teams):</b> Conceito de Fluido. Hipótese do Contínuo. Campos escalares, vetoriais e tensoriais. Viscosidade (fluidos newtonianos e não-newtonianos). Analogia entre os Mecanismos de Transporte Molecular de Quantidade de Movimento, Calor e Massa de uma Espécie Química.
2 03/09 2h	<b>Tópico 2 – Estática dos Fluidos (Aula Síncrona no MS Teams):</b> Campo escalar de pressão. Equação Básica da Estática dos Fluidos. Escalas de Pressão.
3 08/09 2h	<b>Tópico 2 – Estática dos Fluidos (Aula Síncrona no MS Teams):</b> Medidores de Pressão. Empuxo. Exercício de Manometria.
4 10/09 2h	<b>Tópico 3 – Cinemática dos Fluidos (Vídeo-Aula):</b> Descrições Lagrangeana e Euleriana. Padrões e Visualização de Escoamentos: Linhas de corrente, de emissão e de trajetória.
5 15/09 2h	<b>Tópico 3 – Cinemática dos Fluidos (Aula Síncrona no MS Teams):</b> Teorema de Transporte de Reynolds.
6 17/09 2h	<b>Tópico 3 – Cinemática dos Fluidos (Aula Síncrona no MS Teams):</b> Balanços Integral e Diferencial de Conservação de Massa. Exercício sobre a Equação da Continuidade
7 22/09 2h	<b>Tópico 4 – Dinâmica dos Fluidos Ideais (Aula Síncrona no MS Teams):</b> Escoamentos Viscosos e Invíscidos. Balanço Integral de Conservação de Energia.
8	

24/09 2h	<b>Tópico 4 – Dinâmica dos Fluidos Ideais (Aula Síncrona no MS Teams):</b> Equação de Bernoulli e Torricelli. Exercício de Medidores de Vazão.
9 29/09 2h	<b>Tópico 4 – Dinâmica dos Fluidos Ideais (Aula Síncrona no MS Teams):</b> Balanço Integral de Conservação de Quantidade de Movimento. Exercício de Aplicação.
10 01/10 2h	<b>Tópico 4 – Dinâmica dos Fluidos Ideais (Aula Síncrona no MS Teams):</b> Balanço Diferencial de Conservação de Quantidade de Movimento (Equação de Euler).
11 06/10 2h	<b>Questionário do Tópico 4 no Moodle</b>
12 08/10 2h	<b>Tópico 5 - Dinâmica dos Fluidos Viscosos (Vídeo-Aula):</b> Tensor Deformação. Generalização da Lei da Viscosidade Newton.
13 13/10 2h	<b>Tópico 5 - Dinâmica dos Fluidos Viscosos (Aula Síncrona no MS Teams):</b> Balanço Diferencial de Quantidade de Movimento.
14 15/10 2h	<b>Tópico 5 - Dinâmica dos Fluidos Viscosos (Aula Síncrona no MS Teams):</b> Balanço Diferencial de Quantidade de Movimento (Equações de Cauchy e Navier-Stokes)
15 20/10 2h	<b>Tópico 5 - Dinâmica dos Fluidos Viscosos (Aula Síncrona no MS Teams):</b> Condições de Contorno. Exercícios de Aplicação das Equações de Navier-Stokes
16 22/10 2h	<b>Tópico 5 - Dinâmica dos Fluidos Viscosos (Vídeo-Aula):</b> Exercícios de Aplicação das Equações de Navier-Stokes
17 27/10 2h	<b>Questionário do Tópico 5 no Moodle</b>
18 29/10 2h	<b>Tópico 6 – Transporte entre Interfaces (Aula Síncrona no MS Teams):</b> Escoamento Laminar e Turbulento. Teoria da Camada Limite. Analogia entre as Camadas Limite Viscosa, Térmica e Mássica. Função de Corrente.
19 03/11 2h	<b>Tópico 6 - Transporte entre Interfaces (Aula Síncrona no MS Teams):</b> Equações de Prandtl para Camada Limite Laminar. Solução Exata de Blasius.
20 05/11 2h	<b>Tópico 6 - Transporte entre Interfaces (Vídeo-Aula):</b> Solução Exata de Blasius.
21	

10/11 2h	<b>Tópico 6 - Transporte entre Interfaces (Vídeo-Aula):</b> Transporte entre Interfaces: Solução Aproximada de Von Kármán.
22 12/11 2h	<b>Tópico 6 - Transporte entre Interfaces (Aula Síncrona no MS Teams):</b> Transporte entre Interfaces: Coeficientes de Transporte de Quantidade de Movimento entre interfaces. Coeficientes de arraste para escoamentos em tubulações, placas planas, e ao redor de esferas.
23 17/11 2h	<b>Tópico 7 – Equação da Energia para Fluidos Viscosos (Aula Síncrona no MS Teams):</b> Equação da Energia no Escoamento em Tubos. Perda de Carga Distribuída: Problemas Típicos.
24 19/11 2h	<b>Tópico 7 – Equação da Energia para Fluidos Viscosos (Aula Síncrona no MS Teams):</b> Perda de Carga Localizada. Perda de Carga em Sistemas de Tubulações com Bombas e Turbinas.
25 24/11 2h	<b>Tópico 7 – Equação da Energia para Fluidos Viscosos (Vídeo-Aula):</b> Exemplos de aplicação para o cálculo de Perda de Carga e Potência em Sistemas de Tubulações com Bombas e Turbinas.
26 26/11 2h	<b>Tópico 8 – Análise Dimensional (Aula Síncrona no MS Teams):</b> Adimensionalização das Equações de Dinâmica dos Fluidos. Significado físico dos grupos adimensionais relevantes.
27 01/12 2h	<b>Tópico 8 – Análise Dimensional (Vídeo-Aula):</b> Teorema de Buckingham e Método das Variáveis Repetidas (Rayleigh). Similaridade geométrica, cinemática e dinâmica
28 03/12 2h	Avaliação de Reposição
29 08/12 2h	Prova de Recuperação
30 10/12 2h	Entrega das notas finais

#### METODOLOGIA DE ENSINO / DESENVOLVIMENTO DO PROGRAMA

##### ● Metodologia:

O programa da disciplina será desenvolvido por intermédio de atividades síncronas na plataforma Microsoft Teams e assíncronas na plataforma Moodle. As atividades síncronas serão constituídas por 1h30min de exposição dos conteúdos por projeção de apresentações em Power Point, seguidas por 30 min de exercício de aplicação. Estas atividades serão gravadas e disponibilizadas no Moodle/Youtube para posterior visualização dos estudantes.



• **Outras Informações:**

**(a) Sistema de Comunicação:** as atividades síncronas serão desenvolvidas na plataforma MS Teams, que permite a realização de web conferência, envio de arquivos, entre outros. Os conteúdos (arquivos de power point, vídeos gravados das aulas e outros materiais pertinentes) serão disponibilizados tanto no MS Teams como no Moodle.

**b) Modelo de tutoria a distância:** a tutoria será realizada pelo docente responsável pela disciplina e todas as informações como: avisos, datas de atividades avaliativas, entre outros; estarão disponíveis tanto no MS Teams como no Moodle.

**c) Previsão de período de ambientação dos recursos tecnológicos a serem utilizados pelos discentes:** o docente pretende realizar encontros síncronos com os estudantes para habituação das novas ferramentas antes do início das aulas.

**f) Identificação do controle de frequência das atividades:** A presença nas atividades síncronas será computada pelo acesso no MS Teams.

**METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO**

Serão realizadas as seguintes avaliações assíncronas no Moodle:

- Fóruns (NF1 e NF2): Peso 0,05 por Fórum;
- Entrega de Exercícios (NE1 e NE2): Peso 0,10 por Exercício
- Questionários (NQ1 e NQ2): Peso 0,20 por Questionário
- Projeto de Dimensionamento (NP): Peso 0,30

1) A média das provas será calculada como:

$$MP = 0,05*(NF1+NF2) + 0,10*(NE1+NE2) + 0,20*(NQ1+NQ2) + 0,30*NP;$$

2) Se  $MP > 5,5$ ; o estudante está aprovado sem Prova de Recuperação (REC). Em caso de  $3,0 \leq MP < 5,5$  e frequência suficiente, o estudante terá direito à realização da REC. Se  $MP < 3,0$ ; o estudante está automaticamente reprovado;

3) A média no caso (2) será calculada como:  $MF = (MP + REC)/2$ .

Frequência mínima exigida: 75% (RESOLUÇÃO Nº 17/CUn/97, DE 30 DE SETEMBRO DE 1997.)

**NOVA AVALIAÇÃO**

Para solicitar uma segunda avaliação ou revisão, o aluno deverá formalizar pedido na **Secretaria do Departamento**.

Conforme Resolução nº 017/CUn/1997, Art. 74, o aluno, que por motivo de força maior e, plenamente justificado, deixar de realizar avaliações previstas no plano de ensino, deverá pessoalmente ou por terceiros através de procuração pública, formalizar o pedido de segunda avaliação por meio de requerimento ao chefe de departamento, junto à Secretaria Integrada de Departamentos (SID) dentro do prazo de 3 dias úteis a contar da data da realização da avaliação. É necessário anexar ao pedido, a comprovação por documentos como, por exemplo: atestados médicos, de óbito, etc.

Data da Avaliação de Reposição: 03/12/2020

**BIBLIOGRAFIA BÁSICA**

1. Notas de aula do docente responsável em Power Point.
2. Hauke, G. An Introduction to Fluid Mechanics and Transport Phenomena, Springer, 2008.

## OBSERVAÇÕES

Horário de atendimento do professor: Quarta-Feira (8-10h), via chat no MS Teams.  
A prova de recuperação será realizada com todo o conteúdo da disciplina por Questionário no Moodle  
A avaliação de reposição será realizada com todo o conteúdo da disciplina por Questionário no Moodle

## Matriz Instrucional

Tópicos e CH	Objetivos de aprendizagem	Conteúdos	Modalidade de ensino	Recursos didáticos	Estratégias de interação	Avaliação
<i>Qual tópico de conteúdo a ser trabalhado e qual a carga horária desse tópico?</i>	<i>Ao final deste tópico o aluno deverá ser capaz de?</i>	<i>Quais conteúdos contribuirão para que o estudante atinja os objetivos de aprendizagem/as competências?</i>	<i>Será presencial ou a distância?</i>	<i>Quais os recursos serão utilizados para a apresentação dos conteúdos? Qual mídia melhor apresenta tal conteúdo?</i>	<i>Quais as estratégias e possibilidades de interação entre os diferentes atores? Quais recursos promoverão essa interação?</i>	<i>Como será avaliado se o aluno atingiu os objetivos de aprendizagem/competências propostos?</i>
Terminologia 4h	Compreender conceitos básicos relativos ao escoamento e reologia de fluidos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conceito de Fluido</li> <li>• Viscosidade de Fluidos</li> <li>• Analogia entre os Mecanismos de Transporte</li> </ul>	Presencial	Arquivo ppt e gravação da aula.	Aula expositiva e dialogada com exercícios.	NF1: Fórum sobre Reologia de Fluidos.
Estática dos Fluidos 4h	Compreender conceitos básicos e forças atuantes nos fluidos em condições estáticas.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Campo Escalar de Pressão</li> <li>• Equação básica da Estática dos Fluidos</li> <li>• Medidores de Pressão</li> <li>• Empuxo</li> </ul>	Presencial	Arquivo ppt e gravação da aula.	Aula expositiva e dialogada com exercícios.	NF2: Fórum sobre Empuxo.
Cinemática dos Fluidos 8h	Compreender a diferença entre as análises Lagrangeana e Euleriana para o escoamento de Fluidos. Compreender e aplicar a Equação da Continuidade nas Formas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Análises Lagrangeana e Euleriana;</li> <li>• Linhas de corrente, emissão e trajetória;</li> <li>• Balanço Integral e Diferencial de Conservação da Massa.</li> </ul>	Presencial	Arquivo ppt e gravação da aula.	Aula expositiva e dialogada com exercícios.	NE1: Entrega de Exercício sobre Padrões e Visualização de Escoamentos.

	<i>Integral e Diferencial.</i>					
<i>Dinâmica dos Fluidos Ideais</i> 8h	<i>Compreender os termos da equação integral de conservação de energia e da equação conservação de quantidade de movimento (nas formas integral e diferencial) para o escoamento de fluidos ideais.</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Equação Integral de Conservação da Energia;</i></li> <li>• <i>Equação Integral e Diferencial de Conservação de Quantidade de Movimento para Fluidos Ideais.</i></li> </ul>	<i>Presencial</i>	<i>Arquivo ppt e gravação da aula.</i>	<i>Aula expositiva e dialogada com exercícios.</i>	<i>NQ1: Questionário</i>
<i>Dinâmica dos Fluidos Viscosos</i> 10h	<i>Obter os perfis de velocidade em problemas de escoamento de fluidos viscosos.</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Equações de Cauchy;</i></li> <li>• <i>Equações de Navier-Stokes;</i></li> <li>• <i>Análise de condições de contorno;</i></li> <li>• <i>Obtenção de Perfis de Velocidade.</i></li> </ul>	<i>Presencial e a Distância</i>	<i>Arquivo ppt e vídeo-aula.</i>	<i>Aula expositiva e dialogada com exercícios.</i>	<i>NQ2: Questionário</i>
<i>Transporte entre Interfaces</i> 10h	<i>Compreender os conceitos e as equações descritivas da camada limite viscosa laminar. Conhecer e aplicar os coeficientes de fator de Atrito para o escoamento sobre superfícies.</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Escoamentos Laminar e Turbulento;</i></li> <li>• <i>Teoria da Camada Limite;</i></li> <li>• <i>Analogia entre as Camadas Limite Viscosa, Térmica e Mássica;</i></li> <li>• <i>Equações de Prandtl;</i></li> <li>• <i>Soluções de Blasius e Von Kármán.</i></li> </ul>	<i>Presencial e a Distância</i>	<i>Arquivo ppt e vídeo-aula.</i>	<i>Aula expositiva e dialogada.</i>	<i>NP: Projeto de Dimensionamento de tubulações e Cálculo de Potência de Bomba (Gravação de Vídeo).</i>



<i>Equação da Energia para Fluidos Viscosos</i> 6h	<i>Compreender os conceitos e calcular as perdas de carga localizadas e distribuídas em circuitos de tubulações e acessórios. Calcular a potência requerida de bombeamento. Dimensionar tubulações.</i>	<ul style="list-style-type: none"><li>• <i>Equação da Energia no Escoamento de Fluidos Viscosos em Dutos;</i></li><li>• <i>Perda de Carga Distribuída: Problemas Típicos;</i></li><li>• <i>Perda de Carga Localizada;</i></li><li>• <i>Perda de Carga em Sistemas de Tubulações com Bombas e Turbinas.</i></li></ul>	<i>Presencial e a Distância</i>	<i>Arquivo ppt e vídeo-aula.</i>	<i>Aula expositiva e dialogada com exercícios.</i>	<i>NP: Projeto de Dimensionamento de tubulações e Cálculo de Potência de Bomba (Gravação de Vídeo).</i>
<i>Análise Dimensional</i> 4h	<i>Aplicar técnicas de análise dimensional e compreender o significado físico dos principais grupos adimensionais nas equações de dinâmica dos fluidos.</i>	<ul style="list-style-type: none"><li>• <i>Adimensionalização das Equações de Dinâmica dos Fluidos;</i></li><li>• <i>Significado Físico dos Grupos Adimensionais;</i></li><li>• <i>Método das Variáveis Repetidas e Teorema Pi de Buckingham;</i></li><li>• <i>Similaridade geométrica, cinemática e dinâmica.</i></li></ul>	<i>Presencial e a Distância</i>	<i>Arquivo ppt e vídeo-aula.</i>	<i>Aula expositiva e dialogada com exercícios.</i>	<i>NE2: Entrega de Exercício Resolvido a mão por meio de Fotografia.</i>

Assinatura do Professor

Assinatura do Chefe do  
Departamento