



PLANO DE ENSINO – 2023/1

IDENTIFICAÇÃO DA DISCIPLINA:				
CÓDIGO	NOME DA DISCIPLINA	TURMA	Nº DE HORAS-AULA SEMANAIS	TOTAL DE HORAS-AULA SEMESTRAIS
EQA5331	Operações Unitárias de Transferência de Calor I	07216	04	72

PROFESSOR(ES) MINISTRANTE(S)	CONTATO
Germán Ayala Valencia	g.ayala.valencia@ufsc.br

PRÉ-REQUISITO(S)	
CÓDIGO	NOME DA DISCIPLINA
EQA5416	Fenômenos de Transferência II

EQUIVALENTES
ENQ1331 ou ENQ5331

CURSO(S) PARA O(S) QUAL(IS) A DISCIPLINA É OFERECIDA
ENGENHARIA QUÍMICA

EMENTA
Operações Unitárias da Indústria Química envolvendo fenômenos de transferência de calor (trocadores de calor, evaporadores, geração de vapor, combustão e refrigeração).

OBJETIVOS
GERAL: Ao final do curso o aluno deverá estar apto a dimensionar e selecionar equipamentos que envolvam a transmissão de calor.
ESPECÍFICOS: O aluno deverá estar apto a: <ul style="list-style-type: none">- Dimensionar e selecionar trocadores de calor de tubos duplos;- Dimensionar e selecionar trocadores de calor de casco e tubos;- Ter noções de dimensionamento de trocadores de calor a placas;- Dimensionar e selecionar evaporadores de simples e de múltiplo efeito;- Dimensionar e selecionar geradores de vapor;- Identificar diferentes combustíveis utilizados na indústria e realizar cálculos estequiométricos de combustão; e- Identificar ciclos de refrigeração e aplicações.

CONTEÚDO PROGRAMÁTICO
1- Princípios de análise dimensional aplicados ao mecanismo de transferência de calor por convecção. Obtenção dos grupos adimensionais relevantes do fenômeno.
2- Correlações para o coeficiente de película no interior de tubos e ânulo para escoamento laminar e turbulento. Coeficiente global de transmissão de calor. Coeficiente pelicular de controle. Determinação da média logarítmica da diferença de temperatura contra-corrente e paralelo. Recuperação de calor em contracorrente. Temperatura calórica e temperatura da parede do tubo.
3- Trocadores com tubo duplo: coeficientes peliculares; diâmetro equivalente; fatores de



incrustação. Queda de pressão em tubos e ânulos. Trocadores com tubo duplo com ligações em série e em paralelo. Verdadeira diferença de temperatura para ligações em série e em paralelo. Correção de viscosidade.

4- Trocadores com tubos e carcaça. Chicanas. Espaçamentos dos tubos. Diâmetro equivalente. Coeficiente de película. Verdadeira diferença de temperatura em trocadores 1-2. Queda de pressão no interior dos tubos e na carcaça. Trocadores usando água. Vapor como meio aquecedor. Trocadores a placas.

5- Geradores de vapor. Combustíveis. Equipamentos utilizados em processos com chamas. Produção de calor. Distribuição de vapor.

6- Evaporadores. Tipos e aplicações. Transferência de calor nos evaporadores. Capacidade e economia de evaporadores de simples e múltiplos efeitos. Equipamentos auxiliares. Projeto Térmico de Evaporadores.

Aula	Conteúdo
06/03	Apresentação da disciplina e do plano de ensino. Estudo dos mecanismos de transferência de calor
08/03	Introdução aos trocadores de calor
13/03	Trocadores de calor: Método da diferença de temperatura média logarítmica (LMDT)
15/03	Trocadores de calor: Exercícios sobre LMDT
20/03	Trocadores de calor: Método da efetividade – NTU
22/03	Trocadores de calor: Exercícios sobre NTU
27/03	Trocadores de calor a placas
29/03	Trocadores de calor: Coeficientes individuais de convecção
03/04	Trocadores de calor: Exercícios
05/04	Trocadores de calor: Queda de pressão e potência da bomba
10/04	Trocadores de calor: Considerações finais e uso da CheCalc
12/04	Exercícios sobre trocadores de calor (recapitulação)
17/04	Avaliação sobre trocadores de calor
19/04	Evaporadores: Conceitos básicos
24/04	Evaporadores: Exercícios
26/04	Evaporadores: Projeção da área do equipamento
01/05	Dia não letivo – Dia do trabalho
03/05	Evaporadores de múltiplos efeitos
08/05	Evaporadores de múltiplos efeitos: Exercícios
10/05	Exercícios sobre evaporadores (recapitulação)
15/05	Avaliação sobre evaporadores
17/05	Conceitos básicos da combustão
22/05	Combustão: Exercícios
24/05	Combustão incompleta e cálculo da composição e do volume dos fumos
29/05	Combustão: Estudo térmico
31/05	Geração de vapor: Conceitos básicos
05/06	Conceitos básicos da refrigeração
07/06	Conceitos básicos da refrigeração (protocolos de Montreal e Kyoto)
12/06	Refrigeração: Estudo da carga térmica
14/06	Aula de recapitulação
19/06	Seminários
21/06	Seminários
26/06	Avaliação sobre combustão, geradores de vapor e refrigeração
28/06	Avaliações faltantes (2.a chamada)
03/07	Avaliação de recuperação



05/07

Correção das avaliações e divulgação da nota final

METODOLOGIA DE ENSINO / DESENVOLVIMENTO DO PROGRAMA

Sistema de comunicação: Para atender os objetivos acima expostos, as aulas serão desenvolvidas de forma simplificada, buscando o entendimento e contextualização da disciplina no curso com a exposição de tópicos e imagens através da projeção de slide, seguido da explicação dos conceitos básicos e questionamentos.

Recursos didáticos: A aula será expositiva dialogada, utilizando como recurso didático o quadro branco e o projetor de slide conectado a um computador.

METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO

A avaliação será realizada em todos os momentos de ensino-aprendizagem, sendo considerada a participação e o envolvimento dos discentes nos debates e nas realizações das atividades solicitadas. A avaliação quantitativa será realizada em 5 (cinco) momentos distintos durante o decorrer do semestre letivo:

- Entrega dos trabalhos propostos durante as aulas remotas (A1).
- Realização de uma primeira prova sobre os conteúdos abordados em sala de aula (A2).
- Realização de uma segunda prova sobre os conteúdos abordados em sala de aula (A3).
- Apresentação de um seminário (A4)
- Realização de uma terceira prova sobre os conteúdos abordados em sala de aula (A5).

Será aprovado o aluno que obtiver nota igual ou superior a 6,0 (seis virgula zero) e tiver presença mínima de 75% (setenta e cinco por cento). A nota final (NF) será calculada da seguinte forma:

$$NF = 0,20 \cdot A1 + 0,20 \cdot A2 + 0,20 \cdot A3 + 0,20 \cdot A4 + 0,20 \cdot A5$$

Sendo:

- A1: Avaliação 1.
- A2: Avaliação 2.
- A3: Avaliação 3.
- A4: Avaliação 4.
- A5: Avaliação 5.

O aluno com frequência suficiente ($\geq 75\%$) e média das notas de avaliações do semestre entre 3,0 (três virgula zero) e 5,5 (cinco virgula cinco) terá direito a uma nova avaliação que será composta por todas as temáticas vistas na disciplina.

BIBLIOGRAFIA BÁSICA

As notas de aula, apresentações, slides, vídeos, referências, entre outros, será disponibilizado pelo professor posteriormente, garantindo o acesso do estudante a material adequado.

ÇENGEL, Yunus A.; GHAJAR, Afshin J. **Transferência de calor e massa:** uma abordagem prática. 4. ed. São Paulo: McGraw Hill, 2012. xxii, 902 p. ISBN 9788580551273.

SERTH, R. W. **Process heat transfer:** principles and applications. London: Elsevier, 2007. XIV, 755 p. ISBN 9780123735881.

KERN, Donald Quentin. **Processos de transmissão de calor.** Rio de Janeiro: Guanabara, 1987. 671p. ISBN 8570300050.

GEANKOPLIS, Christie J. **Transport processes and separation process principles:** (includes unit operations). 4th ed. Upper Saddle River: Prentice Hall, c2003. xiii, 1026p. ISBN 0131217607.

BAZZO, E. **Geração de vapor.** Florianópolis: Ed. UFSC, 1992.

HILSDORF, Jorge Wilson et al. **Química tecnológica.** São Paulo: Cengage Learning, c2004. viii, 340



p. ISBN 8522103526.

BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR

Sites para consultas de periódicos: SCIENCE DIRECT, WEB OF SCIENCE, SCIELO.

Oliveira. Refrigeração e Cadeia do Frio para Alimentos. USP. 2020. Material de acesso aberto:
<https://repositorio.usp.br/item/002998153>.

Lopes. Desenvolvimento de um sistema gerador de calor com opção para aquecimento direto e indireto de ar. Tese de doutorado. UFV. 2002. Material de acesso aberto:
<https://www.locus.ufv.br/bitstream/handle/123456789/9473/texto%20completo.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

OBSERVAÇÕES

O atendimento aos alunos será realizado nas terças-feiras das 8:00 às 10:00 h na sala número 318 do EQA - CTC.

Assinatura do Professor

Assinatura do Chefe do
Departamento