



Universidade Federal  
de São João del-Rei

## Campus Sete Lagoas

COORDENADORIA DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS

### PLANO DE ENSINO

<b>DISCIPLINA:</b> Operações Unitárias na Indústria de Alimentos 2		<b>ANO/SEMESTRE:</b> 2019-01	<b>CARÁTER:</b> obrigatória
<b>CARGA HORÁRIA:</b> 72 h	<b>TEÓRICA:</b> 72 h	<b>PRÁTICA:</b> 0 h	<b>REQUISITO:</b> Transferência de Calor e Massa Aplicada à Engenharia de Alimentos, Termodinâmica Aplicada à Engenharia de Alimentos.
<b>PROFESSOR (A):</b> Camilo Aurélio Brandão Crisóstomo		<b>CAMPUS SETE LAGOAS</b>	

#### EMENTA:

Introdução. Transferência de calor por condução, princípios de transferência de calor e coeficientes globais. Transferência de calor em escoamento interno e externo; Transferência de calor com mudança de fase; Trocadores de calor, Evaporadores

#### OBJETIVOS

Conceituar as principais operações unitárias que envolvem transferência de calor, aplicar balanços globais e parciais visando o cálculo, avaliação de desempenho e projeto de equipamentos

#### CONTEÚDO PROGRAMÁTICO

O conteúdo e as atividades serão distribuídos em 36 aulas de 2 h, totalizando 72 horas-aula no semestre letivo:

**Aula 01 – 21/02/2019** – Introdução ao curso, ementa e avaliações. Transmissão de calor e suas aplicações. Revisão sobre análise dimensional

**Aula 02 – 22/02/2019** – Revisão sobre análise dimensional e sistemas de coordenadas polares

**Aula 03 – 28/02/2019** – **Capítulo 2 – Transferência de calor por condução em sólidos**; Lei de Fourier; Condutividade térmica

**Aula 04 – 07/03/2019** – Equações do calor em regime estacionário; Resistências compostas em série;

**Aula 05 – 08/03/2019** – **Capítulo 3** – Princípios de transferência de calor em fluidos (trocadores de calor, operação em paralelo e contracorrente); balanços de energia; taxa de transferência de calor

**Aula 06 – 14/03/2019** – Coeficientes de transferência de calor individuais; número de Nusselt; coeficientes globais de transferência de calor; Incrustações e fouling;

**Aula 07 – 15/03/2019** – **Capítulo 4 – Transferência de Calor em fluidos por convecção sem mudança de fase**. Revisão sobre Camada limite; Números adimensionais (Prandtl, Graetz, Stanton); Transferência de calor por convecção de calor por convecção forçada em regime laminar: placa plana

**Aula 08 – 21/03/2019** – Transferência de calor por convecção de calor por convecção forçada em regime laminar: tubulações; Fator de correção de viscosidade;

**Aula 09 – 22/03/2019** – Transferência de calor por convecção de calor por convecção forçada em regime Turbulento: Placas planas e tubulações; estimativa da temperatura da parede;

**Aula 10 – 28/03/2019 – Exercícios**

**Aula 11 – 29/03/2019 – Transferência de calor por convecção forçada em regime turbulento: Fluidos fluindo perpendicularmente a um tubo; Fluxo sobre uma esfera; Fluidos fluindo perpendicularmente a um feixe de tubos**

**Aula 12 – 04/04/2019 – Transferência de calor em convecção natural; número de Grashof; exercícios de fixação**

**Aula 13 – 05/04/2019 – Transferência de calor em convecção natural; número de Grashof; exercícios de fixação**

**Aula 14 – 11/04/2019 – Avaliação teórica P1**

**Aula 15 – 12/04/2019 – Capítulo 5 – Transferência de calor em fluidos com mudança de fase**  
Transferência de calor em vapores condensantes; Mecanismos de condensação film-type e dropwise

**Aula 16 – 25/04/2019 – Condensação film-type; Correção do calor latente de condensação; Número de Jakob; Correlações de Nu para placas planas, cilindros verticais e horizontais;**

**Aula 17 – 26/04/2019 – Correlações de Nu para placas planas, cilindros verticais e horizontais;**  
Avaliação de regimes de escoamento em condensação film-type;

**Aula 18 – 02/05/2019 – Transferência de calor em líquidos em ebulição; Curvas de ebulição; Ebulição em piscina nucleada e em filme; Fluxo térmico crítico e mínimo**

**Aula 19 – 03/05/2019 – Capítulo 6 – Trocadores de calor.** Critérios de projeto, tipos de trocadores de calor; Trocadores de calor casco tubo com múltiplos estágios; Correção da MLDT;

**Aula 20 – 09/05/2019 – Coeficientes de troca térmica em trocadores de calor casco tubo; trocadores de calor de escoamento cruzado; trocadores de calor de placas**

**Aula 21 – 10/05/2019 – Método da efetividade Epsilon-NUT para cálculo de taxa de transferência de calor**

**Aula 22 – 16/05/2019 – Trocadores de calor de superfície estendida**

**Aula 23 – 17/05/2019 – Trocadores de calor de superfície estendida**

**Aula 24 – 23/05/2019 – Avaliação teórica P2**

**Aula 25 – 24/05/2019 – Capítulo 7 – Evaporadores.** Introdução, tipos de evaporadores;

**Aula 26 – 30/05/2019 – Performance de evaporadores, elevação do ponto de ebulição; evaporadores de simples efeito**

**Aula 27 – 31/05/2019 – Performance de evaporadores, elevação do ponto de ebulição; evaporadores de simples efeito**

**Aula 28 – 06/06/2019 – Sistemas de otimização energética; evaporadores de múltiplos efeitos**

**Aula 29 – 07/06/2019 – Sistemas de otimização energética; evaporadores de múltiplos efeitos**

**Aula 30 – 27/06/2019 – Evaporadores de múltiplos efeitos**

**Aula 31 – 28/06/2019 – Sistemas de otimização energética; evaporadores de múltiplos efeitos**

**Aula 32 – 05/07/2019 – Prova Substitutiva**

### **METODOLOGIA DE ENSINO**

- Aulas expositivas em acordo com o conteúdo programado, com exercícios de fixação.
- Uso de aulas em projeção e resolução de exercícios na lousa

### **CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO**

- 3 (três) avaliações teóricas
  - P1 (30 pontos)
  - P2 (30 pontos)
  - P3 (30 pontos)

- 1 trabalho teórico

T1 (10 pontos)

- 1 (uma) Prova Substitutiva
- PS (100 pontos)

$$NF = (P1+P2+P3+T1+PS)/2$$

Se  $NF \geq 60$ , a nota de uma das avaliações será substituída de modo que o aluno seja aprovado com 60 pontos

Se  $NF < 60$  o aluno está reprovado

### **BIBLIOGRAFIA (básica e complementar)**

#### Básica

1. McCABE, SMITH, HARRIOTT **Unit. Operations of Chemical Engineering** -, 5ª Ed, Singapore: McGraw-Hill International Editions, 1993, 1130 p.
2. INCROPERA, F. P.; DEWITT, D. P.; MACEDO, H. **Fundamentos de transferência de calor e de massa**. 3. ed. Rio de Janeiro: LTC, 1992. 455 p.
3. PERRY, R.H., GREEN, D.W., **Perry's chemical engineers' handbook**. McGraw-Hill, 8<sup>th</sup> edition, 2008

#### Complementar

1. BARBOSA-CANOVAS, G.; IBARZ, A. **Unit Operations in Food Engineering**. New York: CRC Press, 2003, 528 p
2. TREYBAL, R. E. **Mass-Transfer Operations** - Third Edition, McGraw-Hill, 1980
3. FOUST, WENZEL, CLUMP, MAUS, ANDERSEN. **Princípios as Operações Unitárias** -. 2ª ed., Guanabara Dois, 1982.
4. MASSARANI, G., **Fluidodinâmica em sistemas particulados**, e-papers, Rio de Janeiro, 2ª edição, 2002
5. Araujo, E. C. C. **Trocadores de calor**. Editora UFScar.

---

Prof. Camilo Aurélio Brandão Crisóstomo  
Responsável pela Disciplina

---

Prof. Rui Carlos Castro Domingues  
Coordenador do Curso Engenharia de Alimentos

Aprovado pelo Colegiado de Curso em \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_