



PLANO DE ENSINO – 2022/I

I. IDENTIFICAÇÃO DA DISCIPLINA					
CÓDIGO	NOME DA DISCIPLINA	TURMA	N.º DE HORAS-AULA SEMANAIS		TOTAL DE HORAS-AULA SEMESTRAIS
			TEÓRICAS	PRÁTICAS	
EQA5416	Fenômenos de Transferência II	06216	4	-	72

II. PROFESSORA MINISTRANTE		HORÁRIO DE ATENDIMENTO
Prof. ^a Dr. ^a Cíntia Soares		Quarta-feira: 14h00 – 16h00min
Endereço eletrônico: cintia.soares@ufsc.br		Sexta-feira: 15h00 – 16h30min
Ramal 6409		

III. PRÉ-REQUISITO(S)	
CÓDIGO	NOME DA DISCIPLINA
EQA5415 (Engenharia Química e Engenharia de Alimentos)	Fenômenos de Transferência I

IV. EQUIVALENTES
ENQ1416 ou ENQ5416

V. CURSO(S) PARA O(S) QUAL(IS) A DISCIPLINA É OFERECIDA
Curso de Graduação em Engenharia Química Curso de Graduação em Engenharia de Alimentos

VI. EMENTA
Transferência de calor por condução. Transferência de calor por convecção. Radiação térmica.

VII. OBJETIVOS
<p>GERAL</p> <p>As disciplinas de Fenômenos de Transferência abrangem os tópicos de transferência de quantidade de movimento, calor e massa. Para os cursos de graduação em Engenharia Química e Engenharia de Alimentos estas disciplinas são absolutamente fundamentais (e não apenas uma área de conhecimento), na medida em que abrangem conteúdos que serão utilizados na maioria das disciplinas subsequentes. Com efeito, não é possível imaginar o ensino das Operações Unitárias, do Cálculo de Reatores e da Simulação de Processos Químicos sem um bom entendimento das disciplinas de Fenômenos de Transferência. Desta forma, Fenômenos de Transferência é uma disciplina básica da formação das habilitações profissionais da Engenharia. Ela trata da formação do pensamento científico de forma que processos reais, produtivos ou do cotidiano sejam caracterizados, analisados e representados por modelos matemáticos descritivos dos processos.</p> <p>Nesta direção, a disciplina visa desenvolver o raciocínio abstrato e crítico e o estímulo às considerações lógicas da ciência de fenômenos de transferência de calor e postulação de hipóteses, permitindo-lhe a percepção dos processos conservativos, tanto nas abordagens macroscópicas quanto microscópicas, além de fornecer aos(as) estudantes fundamentos que permitam a análise de processos e o projeto de equipamentos onde esse fenômeno de transporte seja importante. Além disto, é objetivo da disciplina habilitar o(a) estudante a resolver problemas concretos (práticos) em transferência de calor, modelando situações reais (através das equações de conservação), promovendo abstrações e</p>

adequando os casos ilustrados a novas situações. Visa também capacitar o(a) estudante a realizar cálculos de transferência de calor, utilizando os mecanismos de condução, convecção e radiação.

ESPECÍFICOS

Como objetivos específicos destacam-se:

- apresentar e discutir os princípios fundamentais da transferência de calor por condução, por convecção e por radiação;
- modelar e aplicar os fenômenos de transferência de calor por condução, convecção e radiação;
- analisar e identificar a ocorrência dos fenômenos de transferência de calor nas principais operações unitárias da indústria química e de alimentos.

Sendo assim, ao final do semestre o(a) estudante deverá ser capaz de:

- internalizar o significado da terminologia e dos princípios físicos associados à transferência de calor;
- delinear os fenômenos de transferência pertinentes para qualquer processo ou sistema que envolva transferência de calor;
- utilizar as informações necessárias para calcular taxas e fluxos de transferência de calor e/ou determinar perfis de temperatura;
- desenvolver modelos representativos de processos ou sistemas reais e tirar conclusões sobre o projeto ou o desempenho de processos/sistemas a partir da respectiva análise.

VIII. CONTEÚDO PROGRAMÁTICO	HORAS-AULA
PROGRAMA TEÓRICO	
1. Integração Acadêmica da Graduação	4
2. Introdução e Conceitos Básicos	8
2.1 Termodinâmica e Transferência de Calor	
2.2 Transferência de Calor na Engenharia	
2.3 Calor e Outras Formas de Energia	
2.4 Primeira Lei da Termodinâmica	
2.5 Fundamentos de Transferência de Calor por Condução, Convecção e Radiação	
2.6 Técnicas para Solução de Problemas	
3. Equação de Condução de Calor	14
3.1 Equação de Condução de Calor Unidimensional	
3.2 Equação Geral de Condução de Calor	
3.3 Condições Inicial e de Contorno	
3.4 Solução de Problemas de Condução de Calor Unidimensional em Regime Permanente	
3.5 Condutividade Térmica Variável	
4. Condução de Calor Permanente	14
4.1 Condução de Calor Permanente em Paredes Planas	
4.2 Redes Generalizadas de Resistência Térmica	
4.3 Condução de Calor em Cilindros e Esferas	
4.4 Raio Crítico de Isolamento	
4.5 Transferência de Calor a Partir de Superfícies Aletadas	
4.6 Transferência de Calor em Configurações Comuns	
5. Condução de Calor em Regime Transiente	8
5.1 Capacitância Global	
5.2 Sólido Semi-Infinito	
5.3 Soluções Analíticas e Cartas de Heisler	
6. Transferência de Calor por Convecção	4
6.1 Camada Limite Térmica	
6.2 Espessura da Camada Limite	
6.3 Método da Similaridade	
6.4 Análise Integral	
7. Transferência de Calor por Convecção Forçada e Natural	2
7.1 Escoamento no Interior de Dutos	



7.2	Região de Entrada Hidrodinâmica e Térmica	
7.3	Temperatura de Mistura	
7.4	Análise para Temperatura Prescrita e Fluxo de Calor Prescrito	
7.5	Escoamento Externo	
7.6	Aproximação de Boussinesq	
7.7	Placa Plana, Cilindro e Esfera	
8.	Transferência de Calor por Radiação	
8.1	Conceitos Fundamentais	
8.2	Radiação de Corpo Negro	2
8.3	Corpo Cinza	
8.4	Fator de Forma Radiante	
Avaliações		
3/5/2022 – Lista de Exercícios (LE1) – Atividade Extraclasse (3 horas-aula)		
17/5/2022 – Lista de Exercícios (LE2) – Atividade Extraclasse (3 horas-aula)		
31/5/2022 – Avaliação Escrita e Individual (P1) (2 horas-aula)		
30/6/2022 – Avaliação Escrita e Individual (P2) (2 horas-aula)		
19/7/2022 – Avaliação Escrita e Individual (P3) (2 horas-aula)		
2/8/2022 – Prova de Recuperação (REC) (4 horas-aula)		16
Feriados		
21/4/2022 – Tiradentes		
16/6/2022 – Corpus Christi		4
Carga Horária Total		76 horas-aula – 4 horas-aula de feriado = 72 horas-aula
PROGRAMA PRÁTICO		
Não se aplica.		

IX. CRONOGRAMA	
Data	Conteúdo
12 e 14/4/2022 4 horas-aula	Integração Acadêmica da Graduação
19/4/2022 - 3/5/2022 8 horas-aula	Recepção dos(as) Estudantes e Apresentação e Discussão Detalhada do Plano de Ensino-Aprendizagem da Disciplina. Discussão Detalhada do Ambiente Virtual de Aprendizagem Moodle. Introdução e Conceitos Básicos: <ul style="list-style-type: none">• termodinâmica e transferência de calor;• transferência de calor na engenharia;• calor e outras formas de energia;• primeira lei da termodinâmica;• fundamentos de transferência de calor por condução, convecção e radiação;• técnicas para solução de problemas;• aulas de exercícios.
21/4/2022 2 horas-aula	Feriado - Tiradentes
3/5/2022 3 horas-aula	Atividade Avaliativa – Lista de Exercícios (LE1)

5/5/2022 - 26/5/2022 14 horas-aula	<p>Equação de Condução de Calor:</p> <ul style="list-style-type: none"> • equação de condução de calor unidimensional; • equação geral de condução de calor; • condições inicial e de contorno; • solução de problemas de condução de calor unidimensional em regime permanente; • condutividade térmica variável; • aulas de exercícios.
17/5/2022 3 horas-aula	Atividade Avaliativa – Lista de Exercícios (LE2)
31/5/2022 2 horas-aula	Atividade Avaliativa – Avaliação Escrita e Individual (P1)
2/6/2022 - 28/6/2022 14 horas-aula	<p>Condução de Calor Permanente:</p> <ul style="list-style-type: none"> • condução de calor permanente em paredes planas; • redes generalizadas de resistência térmica; • condução de calor em cilindros e esferas; • raio crítico de isolamento; • transferência de calor a partir de superfícies aletadas; • transferência de calor em configurações comuns; • aulas de exercícios.
16/6/2022 2 horas-aula	Feriado – Corpus Christi
30/6/2022 2 horas-aula	Atividade Avaliativa – Avaliação Escrita e Individual (P2)
5/7/2022 - 14/7/2022 8 horas-aula	<p>Transferência de Calor em Regime Transiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> • capacitância global; • sólido semi-infinito; • soluções analíticas e cartas de Heisler; • aulas de exercícios.
19/7/2022 2 horas-aula	Atividade Avaliativa – Avaliação Escrita e Individual (P3)
21/7/2022 - 26/7/2022 6 horas-aula	<p>Transferência de Calor por Convecção:</p> <ul style="list-style-type: none"> • camada limite térmica; • espessura da camada limite; • método da similaridade; • análise integral; • aulas de exercícios.
28/7/2022 2 horas-aula	<p>Transferência de Calor por Radiação:</p> <ul style="list-style-type: none"> • conceitos fundamentais; • radiação de corpo negro; • corpo cinza; • fator de forma radiante.
2/8/2022 4 horas-aula	Prova de Recuperação (REC)



X. METODOLOGIA DE ENSINO / DESENVOLVIMENTO DO PROGRAMA

• SOBRE AS AULAS

Aulas expositivas e de exercícios no formato **presencial**, ocasionalmente com a utilização de material de apoio para apresentação dos conteúdos, de softwares, de simulações, de experimentos, de vídeos e de debates, além da aplicação do aprendizado baseado em problema (PBL).

As atividades extraclasse a serem desenvolvidas pelos(as) estudantes poderão fazer uso de ferramentas diversas e presentes no *Moodle*, tais como fórum, glossário, questionário, tarefa, wiki, vídeos, entre outras. Estas serão utilizadas nas seguintes atividades:

- 1) resolução de listas de exercícios;
- 2) desenvolvimento de atividades referentes aos conteúdos da disciplina.

Para estas atividades, o Ambiente Virtual de Aprendizagem *Moodle* será e deverá ser utilizado.

Assuntos ministrados em outras disciplinas do curso, de semestres anteriores ou do atual, serão considerados conhecidos. Se você tem dificuldades com balanços de massa, de energia, de momento, com cálculo diferencial e integral, química, processos, etc., reserve algum tempo para revisar esses assuntos, pelo menos na medida de sua necessidade.

• DISPONIBILIZAÇÃO DE MATERIAL DIDÁTICO E COMUNICAÇÃO ESTUDANTE-PROFESSOR E PROFESSOR-ESTUDANTE

Todo o material didático da disciplina será disponibilizado no Ambiente Virtual de Aprendizagem *Moodle*, bem como toda a comunicação entre estudante-professor e professor-estudante. Para tanto, mantenha atualizado seu endereço eletrônico no *Moodle* e tenha o hábito de acessar periodicamente a referida ferramenta.

• ESCLARECIMENTO DE DÚVIDAS

As dúvidas referentes ao conteúdo ministrado na disciplina serão esclarecidas de forma presencial em conformidade com o horário de atendimento apresentado no Item II do Plano de Ensino.

• FREQUÊNCIA NA DISCIPLINA

As frequências na disciplina serão computadas e devidamente registradas no Ambiente Virtual de Aprendizagem *Moodle* no item "Frequência".

• OBSERVAÇÃO

É importante mencionar que a docente avaliará permanentemente o processo pedagógico e irá propor alterações sempre que julgar necessário, de modo a garantir o máximo aproveitamento dos conteúdos ministrados na disciplina.

XI. METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO

Para a avaliação da disciplina serão realizadas as seguintes atividades:

- 1) durante o semestre serão realizadas três avaliações escritas e individuais envolvendo os conteúdos ministrados em três momentos distintos (31/5/2022, 30/6/2022 e 19/7/2022). A estas atividades (P1, P2 e P3) será atribuído o peso de 90%, sendo um peso de 30% em cada uma na composição da Média Final (MF);
- 2) serão apresentadas também duas Listas de Exercícios (LE1 e LE2), as quais serão disponibilizadas no Ambiente Virtual de Aprendizagem *Moodle* e deverão ser resolvidas em equipe de até 4 (quatro) estudantes. Esta atividade terá um peso de 10%, sendo cada lista com peso de 5% na composição da Média Final (MF).



Assim, a composição da Média Final (MF) será realizada da seguinte forma:

$$\text{Média Final} = [0,05 \cdot LE1 + 0,05 \cdot LE2 + 0,3 \cdot P1 + 0,3 \cdot P2 + 0,3 \cdot P3]$$

Será considerado(a) aprovado(a) o(a) estudante que obtiver **Média Final (MF) maior ou igual a 6,0 (seis vírgula zero)** e **frequência mínima de 75% (setenta e cinco por cento)** ao final do semestre.

A Média Final (MF) 6,0 (60% dos pontos) é considerada a mínima para a aprovação, e não é o que se deve perseguir como objetivo a ser alcançado.

Ao(à) estudante que obtiver frequência mínima de 75% e Média Final (MF) entre 3,0 e 6,0 ao final do semestre, será oferecida a possibilidade de realizar uma prova de recuperação (REC), escrita e individual, sobre todo o conteúdo ministrado no semestre, em data prevista no cronograma proposto.

Nesse caso, a Média Final (MF), a ser considerada para fins de aprovação na disciplina, será calculada como segue:

$$\text{Média Final} = (\text{Média Final Semestral} + \text{REC})/2$$

Será considerado(a) aprovado(a) o(a) estudante que obtiver Média Final (MF) maior ou igual a 6,0 (seis vírgula zero).

IMPORTANTE!!!!

Durante a realização da prova não é permitido o uso de nenhum material auxiliar, além de lápis ou caneta e borracha/corretor. Em particular, é proibido o uso de equipamentos eletrônicos de qualquer natureza (celular, tablet, computador, rede internet ou pessoal, etc., com exceção de calculadora que não armazena textos)! Fique atento(a) com a organização de sua prova! Resoluções ilegíveis e completamente desorganizadas não serão consideradas!!!!

XII. NOVA AVALIAÇÃO

Para solicitar uma segunda avaliação, o(a) aluno(a) deverá formalizar pedido na **Secretaria do Departamento**.

Conforme Resolução n.º 017/CUn/1997, Art. 74, o(a) aluno(a) 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 à Chefe do Departamento junto à Secretaria Integrada de Departamentos (SID) dentro do prazo de 3 (três) 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.

XIII. BIBLIOGRAFIA BÁSICA (em ordem alfabética)

ÇENGEL, Yunus A.; GHAJAR, Afshin J. **Transferência de calor e massa**. 4. ed. São Paulo: McGraw Hill, 2012. 1 CD-ROM.

INCROPERA, Frank P.; BERGMAN, T. L.; DEWITT, David P. **Fundamentos de transferência de calor e de massa**. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, c2008. xix, 643 p.

Todo o conteúdo necessário para o perfeito acompanhamento da disciplina está disponível em materiais elaborados pela docente da disciplina e que são disponibilizados aos(às) estudantes no Ambiente Virtual de Aprendizagem *Moodle*.

XIV. BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR (em ordem alfabética)

BENNETT, C. O.; MYERS, J. E. (John Earle). **Fenômenos de transporte**: quantidade de movimento, calor e massa. São Paulo: McGraw-Hill, c1978. Não paginado.



BERGMAN, T. L. *et al.* **Fundamentos de transferência de calor e de massa.** 7. ed. Rio de Janeiro: LTC, c2014. xvi, 672 p.

BIRD, R. Byron; STEWART, Warren E.; LIGHTFOOT, Edwin N. **Fenômenos de transporte.** 2. ed. Rio de Janeiro: LTC, c2004. xv, 838 p.

KAYS, W M. **Convective heat and mass transfer.** W. M. Kays. 3. ed. New York: McGraw-Hill, 1993. 601 (McGraw-Hill series in mechanical engineering).

MIDDLEMAN, Stanley. **An introduction to mass and heat transfer: principles of analysis and design.** New York: J. Wiley, 1997. xviii, 672p.

WELTY, James R; WICKS, Charles E; WILSON, Robert E. (Robert Elliot); RORRER, Gregory L. **Fundamentals of momentum, heat and mass transfer.** 5th ed. New York: John Wiley, 2008. xxii, 803p.

WHITE, Frank M. **Heat and mass transfer.** United States of America: Addison Wesley, 1988.

XV. OBSERVAÇÕES

1. As datas propostas, bem como a metodologia de ensino para os conteúdos discriminados e/ou para as avaliações, poderão sofrer alteração em função da dinâmica da turma na disciplina ao longo do semestre.

2. Alterações nas datas propostas para os conteúdos discriminados e/ou para as avaliações, se necessárias, serão discutidas em aula e/ou por meio da ferramenta *Moodle*. Ressalta-se que eventuais alterações nas datas previstas para as avaliações serão possíveis apenas se **TODOS(AS)** os(as) estudantes matriculados(as) concordarem por escrito ou por meio de registro digital no Ambiente Virtual de Aprendizagem *Moodle*.

3. As referências do curso podem ser encontradas na Biblioteca Universitária da UFSC. A fim de não prejudicar os colegas, evite retirar os livros por períodos muito longos.

Desejo a todos(as) um excelente semestre letivo!!!!

Prof.^a Cíntia Soares
Docente

Prof.^a Alcilene Rodrigues
Monteiro Fritz
Chefe do Departamento