



PLANO DE ENSINO – 2022/II

| I. IDENTIFICAÇÃO DA DISCIPLINA | | | | | |
|--------------------------------|--------------------------------|-------|----------------------------|----------|--------------------------------|
| CÓDIGO | NOME DA DISCIPLINA | TURMA | N.º DE HORAS-AULA SEMANAIS | | TOTAL DE HORAS-AULA SEMESTRAIS |
| | | | TEÓRICAS | PRÁTICAS | |
| EQA5417 | Fenômenos de Transferência III | 07215 | 4 | - | 72 |

| II. PROFESSORA MINISTRANTE | | HORÁRIO DE ATENDIMENTO |
|--|--|---------------------------------|
| Prof. ^a Dr. ^a Cíntia Soares | | Segunda-feira: 10h00 – 11h30min |
| Endereço eletrônico: cintia.soares@ufsc.br Ramal 6409 | | Sexta-feira: 15h00 – 16h30min |

| III. PRÉ-REQUISITO(S) | |
|---|--|
| CÓDIGO | NOME DA DISCIPLINA |
| EQA5415 (Engenharia Química) | Fenômenos de Transferência I |
| EQA5342 e EQA5416 (Engenharia de Alimentos) | Termodinâmica para Engenharia Química II e Fenômenos de Transferência II |

| IV. EQUIVALENTES |
|--------------------|
| ENQ1417 ou ENQ5417 |

| 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 massa por difusão. Transferência de massa por convecção. Correlações para o cálculo dos coeficientes de transferência de massa. |

| VII. OBJETIVOS |
|--|
| GERAL 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 em Fenômenos de Transferência de forma que processos reais, produtivos ou do cotidiano sejam caracterizados, analisados e representados por modelos matemáticos descritivos dos processos. Nesta direção, a disciplina visa desenvolver o raciocínio abstrato e crítico e o estímulo às considerações lógicas da ciência de fenômenos de transferência de massa e postulação de hipóteses, permitindo-lhe a percepção dos processos conservativos, tanto nas abordagens macroscópicas quanto microscópicas, além de fornecer ao(à) estudante fundamentos que permitam a análise de processos e o projeto de |



equipamentos onde esse fenômeno de transferência seja importante. Além disto, é objetivo da disciplina habilitar o(a) estudante a resolver problemas concretos (práticos) em transferência de massa, modelando situações reais (através das equações de conservação), promovendo abstrações e adequando os casos ilustrados a novas situações. Visa também capacitar o(a) estudante a realizar cálculos de transferência de massa, utilizando os mecanismos de difusão e convecção, combinados ou não.

ESPECÍFICOS

Como objetivos específicos destacam-se:

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

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

- 1) internalizar o significado da terminologia e dos princípios físicos associados à transferência de massa;
- 2) delinear os fenômenos de transferência pertinentes para qualquer processo ou sistema que envolva transferência de massa;
- 3) utilizar as informações necessárias para calcular taxas e fluxos de transferência de massa e/ou determinar perfis de concentração;
- 4) 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 ao Estudo da Transferência de Massa | 8 |
| 3. Fundamentos de Transferência de Massa 3.1 Transferência de Massa Molecular 3.2 O Coeficiente de Difusão 3.3 Transferência de Massa por Convecção | 10 |
| 4. Equações Diferenciais de Transferência de Massa 4.1 A Equação Diferencial para a Transferência de Massa 4.2 Formas Especiais da Equação Diferencial de Transferência de Massa 4.3 Condições de Contorno Usuais 4.4 Passos para a Modelagem de Processos Envolvendo Difusão Molecular | 14 |
| 5. Difusão Molecular no Estado Estacionário e Transiente 5.1 Transferência de Massa Unidimensional Com e Sem Reação Química 5.2 Sistemas Bidimensionais 5.3 Difusão no Estado Transiente e a Segunda Lei de Fick 5.4 Difusão Transiente em um Meio Infinito e Semi-Infinito | 20 |
| 6. Transferência de Massa por Convecção 6.1 Considerações Fundamentais em Transferência de Massa por Convecção 6.2 Parâmetros Significantes em Transferência de Massa por Convecção 6.3 Análise Dimensional da Transferência de Massa por Convecção 6.4 Análise Exata e Aproximada da Camada Limite de Concentração | 2 |
| Avaliações 22/9/2022 – Lista de Exercícios (LE) – (2 horas-aula) 25/10/2022 – Avaliação Escrita e Individual (P1) (2 horas-aula) 22/11/2022 – Avaliação Escrita e Individual (P2) (2 horas-aula) 8/12/2022 – Avaliação Escrita e Individual (P3) (2 horas-aula) 22/12/2022 – Prova de Recuperação (REC) (2 horas-aula) | 10 |
| Seminário Semestral 15/12/2022 e 20/12/2022 | 4 |
| Feriados 15/11/2022 – Proclamação da República | 2 |

| | |
|----------------------------|--|
| Carga Horária Total | 74 horas-aula - 2 horas-aula de feriado = 72 horas-aula |
| PROGRAMA PRÁTICO | |
| Não se aplica. | |

| IX. CRONOGRAMA | |
|---|--|
| Data | Conteúdo |
| 18/8/2022 - 23/8/2022 4 horas-aula | Integração Acadêmica da Graduação |
| 25/8/2022 - 6/9/2022 8 horas-aula | <p>1. Recepção dos(as) Estudantes e Apresentação e Discussão Detalhada do Plano de Ensino-Aprendizagem da Disciplina.</p> <p>2. Discussão Detalhada do Ambiente Virtual de Aprendizagem <i>Moodle</i>.</p> <p>Introdução ao Estudo da Transferência de Massa:</p> <p>1. Introdução ao estudo da transferência de massa:</p> <ul style="list-style-type: none"> • definição de transferência de massa; • classificação dos mecanismos de transferência de massa: transferência de massa por difusão e por convecção (forçada e natural); • exemplos de aplicação da disciplina na vida cotidiana e no futuro profissional; • exemplos de processos da indústria química e de alimentos onde os fenômenos de transferência de massa estão presentes; • estudo detalhado da transferência de massa por difusão: causa e efeito. <p>2. Demonstração de vários vídeos acerca do tema transferência de massa.</p> <p>3. Revisão das principais relações para expressão da concentração:</p> <ul style="list-style-type: none"> • concentração molar, fração molar, concentração mássica, fração mássica e massa molar média. <p>4. Indicação de exercícios de aplicação envolvendo as principais relações para expressão da concentração.</p> <p>5. Descrição detalhada da transferência de massa molecular, seguida da contribuição difusiva e da contribuição convectiva.</p> |
| 8/9/2022 - 27/9/2022 10 horas-aula | <p>Fundamentos de Transferência de Massa:</p> <ul style="list-style-type: none"> • transferência de massa molecular; • o coeficiente de difusão; • transferência de massa por convecção; • aulas de exercícios. |
| 22/9/2022 2 horas-aula | Atividade Avaliativa – Lista de Exercícios (LE) |
| 29/9/2022 - 20/10/2022 14 horas-aula | <p>Equações Diferenciais de Transferência de Massa:</p> <ul style="list-style-type: none"> • a equação diferencial para a transferência de massa; • formas especiais da equação diferencial de transferência de massa; • condições de contorno usuais; • passos para a modelagem de processos envolvendo difusão molecular; • aulas de exercícios. |
| 25/10/2022 2 horas-aula | Atividade Avaliativa – Avaliação Escrita e Individual (P1) |
| 27/10/2022 - 17/11/2022 | <p>Difusão Molecular no Estado Estacionário:</p> <ul style="list-style-type: none"> • transferência de massa unidimensional com e sem reação química; • sistemas bidimensionais; |

| | |
|---|---|
| 12 horas-aula | <ul style="list-style-type: none"> aulas de exercícios. |
| 15/11/2022 | Feriado – Proclamação da República |
| 2 horas-aula | |
| 22/11/2022 | Atividade Avaliativa – Avaliação Escrita e Individual (P2) |
| 2 horas-aula | |
| 24/11/2022 - 6/12/2022 | Difusão Molecular no Estado Transiente: <ul style="list-style-type: none"> difusão no estado transiente e a segunda lei de Fick; difusão transiente em um meio infinito e semi-infinito; aulas de exercícios. |
| 8 horas-aula | |
| 8/12/2022 | Atividade Avaliativa – Avaliação Escrita e Individual (P3) |
| 2 horas-aula | |
| 13/12/2022 2 horas-aula | Transferência de Massa por Convecção: <ul style="list-style-type: none"> considerações fundamentais em transferência de massa por convecção; parâmetros significantes em transferência de massa por convecção; análise dimensional da transferência de massa por convecção; análise exata e aproximada da camada limite de concentração; aulas de exercícios. |
| 15/12/2022 - 20/12/2022 | Apresentação do Seminário Semestral (SEM) |
| 4 horas-aula | |
| 22/12/2022 | Prova de Recuperação (REC) |
| 2 horas-aula | |

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;
- 3) desenvolvimento de projetos individuais ou em grupo.

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 na disciplina serão realizadas as seguintes atividades:

- 1) uma Lista de Exercícios (LE) que será resolvida individualmente em aula e com consulta. Esta atividade terá um peso de 10% na composição da Média Final (MF);
- 2) três avaliações escritas e individuais envolvendo os conteúdos ministrados. Serão realizadas em três momentos da disciplina (25/10/2022, 22/11/2022 e 8/12/2022) e a estas atividades (P1, P2 e P3) será atribuído o peso de 70%, sendo que às avaliações P1 e P2 será atribuído um peso de 25% cada uma e à avaliação P3 um peso de 20% na composição da Média Final (MF);
- 3) um projeto que envolve o estudo experimental ou a modelagem e a simulação de um sistema/processo aplicando os conceitos de transferência de massa. Esta atividade deverá ser desenvolvida durante todo o semestre e ser apresentada na forma de um seminário (SEM) ao final deste. Deverá ser realizado em equipe de até 4 (quatro) estudantes e incluir o conteúdo ministrado na disciplina em consonância com o tema selecionado. O tempo de apresentação deverá ser de 30 minutos e todos os integrantes da equipe deverão participar no desenvolvimento da atividade e da apresentação final. A esta atividade será atribuído um peso de 20% na composição da Média Final (MF). Demais informações acerca do trabalho semestral serão apresentadas em aula.

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

$$\text{Média Final} = [0,10 \cdot \text{LE} + 0,25 \cdot \text{P1} + 0,25 \cdot \text{P2} + 0,20 \cdot \text{P3} + 0,20 \cdot \text{SEM}]$$

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 Chefia 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)

CREMASCO, Marco Aurélio. **Fundamentos de transferência de massa**. 3. ed. São Paulo: Blucher, 2015. 460 p.

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.

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.

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.

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

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.

SPALDING, D B. **Convective mass transfer: an introduction.** London: Arnold, 1963.

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