



PLANO DE ENSINO – 2023/II

I. IDENTIFICAÇÃO DA DISCIPLINA					
CÓDIGO	NOME DA DISCIPLINA	TURMAS	N.º DE HORAS-AULA SEMANAIS		TOTAL DE HORAS-AULA SEMESTRAIS
			TEÓRICAS	PRÁTICAS	
EQA5312	Análise e Simulação de Processos	08215 e 08216	4	-	72

II. PROFESSORES MINISTRANTES		HORÁRIO DE ATENDIMENTO
Prof. ^a Dr. ^a Cíntia Soares e Prof. Dr. Natan Padoin		Terça-feira: 8h30min – 9h30min / 13h30min – 14h30min
Endereços eletrônicos: cintia.soares@ufsc.br natan.padoin@ufsc.br		Quinta-feira: 8h30min – 9h30min / 13h30min – 14h30min ou por agendamento
Ramal: 6409		
Ramal: 2532		

III. PRÉ-REQUISITO(S)	
CÓDIGO	NOME DA DISCIPLINA
EQA5416	Fenômenos de Transferência II
INE5202	Cálculo Numérico em Computadores

IV. EQUIVALENTES
ENQ1312 ou ENQ5312

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
Modelos matemáticos para sistemas de Engenharia Química. Resolução numérica a parâmetros concentrados. Resolução numérica a parâmetros distribuídos. Noções de balanço de massa e energia de plantas químicas em computador.

VII. OBJETIVOS
GERAL A disciplina de Análise e Simulação de Processos abrange a obtenção de modelos matemáticos que representam situações reais e a solução numérica (<i>i.e.</i> , simulação numérica) destes visando compreender os fenômenos envolvidos e a aplicação do conhecimento fundamental para o exercício da prática de engenharia. Por modelo matemático entende-se, segundo Eykhoff, " <i>uma representação dos aspectos essenciais de um sistema, que apresenta conhecimento desse sistema em uma forma utilizável</i> ". Seborg, por sua vez, considera que " <i>um modelo nada mais é do que uma abstração matemática de um processo real</i> ". A equação ou o conjunto de equações que compõem o modelo são, portanto, uma aproximação do processo real. Por outro lado, a simulação numérica é a obtenção da resposta espaço-temporal das variáveis de interesse (variáveis dependentes) de um modelo, quando se modificam suas variáveis de entrada (variáveis independentes) em níveis desejados e se definem valores das condições iniciais e de contorno das variáveis dependentes. Nesta direção, a disciplina visa fornecer fundamentos em modelagem matemática e simulação numérica de processos da Indústria Química e de Alimentos de modo que o(a) estudante possa analisar os fenômenos físicos e químicos em sistemas reais, industriais ou do cotidiano e utilizar o conhecimento adquirido em sua tomada de decisão como profissional e como cidadão.
ESPECÍFICOS Como objetivos específicos destacam-se: <ul style="list-style-type: none">• explicar os fundamentos de análise e simulação de processos;

- obter modelos matemáticos para processos típicos da Indústria Química e de Alimentos;
- explicar os princípios dos métodos numéricos para a solução de modelos matemáticos fenomenológicos (baseados em sistemas de equações algébricas lineares e não-lineares, equações diferenciais ordinárias e equações diferenciais parciais) e implementá-los empregando diferentes ferramentas computacionais.

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

- 1) internalizar o significado das terminologias envolvidas na modelagem matemática e na simulação numérica de processos;
- 2) utilizar diferentes métodos numéricos para a solução numérica de modelos matemáticos;
- 3) implementar os modelos matemáticos e simulá-los empregando diferentes ferramentas computacionais;
- 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. Introdução à Modelagem Matemática e à Simulação Numérica de Processos 1.1 Conceitos básicos de modelagem matemática e simulação numérica 1.2 Classificação de modelos matemáticos de processos 1.3 Classificação de métodos numéricos para simulação de modelos matemáticos 1.4 Uso de modelos matemáticos na Engenharia Química e na Engenharia de Alimentos	6
2. Solução Numérica de Sistemas de Equações Algébricas Lineares e Não Lineares 2.1 Obtenção de modelos de processos para a indústria química e de alimentos baseados em sistemas de equações algébricas lineares 2.2 Métodos numéricos para a solução de sistemas de equações algébricas lineares: 2.2.1 Métodos diretos: inversão matricial, eliminação gaussiana e matriz tridiagonal 2.2.2 Métodos iterativos: método de Gauss-Seidel e método de Jacobi 2.3 Obtenção de modelos de processos para a indústria química e de alimentos baseados em sistemas de equações algébricas não-lineares 2.4 Método numérico para a solução de sistemas de equações algébricas não-lineares: 2.4.1 Método de Newton-Raphson 2.5 Fluxogramas de processos para a indústria química e de alimentos 2.6 Aplicações computacionais envolvendo simuladores de processos macroscópicos e implementação de rotinas em diferentes linguagens de programação	18
3. Solução Numérica de Sistemas de Equações Diferenciais Ordinárias 3.1 Obtenção de modelos de processos para a indústria química e de alimentos baseados em sistemas de equações diferenciais ordinárias 3.2 Métodos numéricos para a solução de sistemas de equações diferenciais ordinárias: 3.2.1 Método de Euler explícito 3.2.2 Método de Euler implícito 3.2.3 Métodos de Runge-Kutta 3.2.4 Métodos de passo variável 3.2.5 Problemas <i>stiff</i> 3.3 Aplicações computacionais envolvendo a implementação de rotinas em diferentes linguagens de programação	14
4. Solução Numérica de Sistemas de Equações Diferenciais Parciais 4.1 Obtenção de modelos de processos para a indústria química e de alimentos baseados em sistemas de equações diferenciais parciais 4.2 Métodos numéricos para a solução de sistemas de equações diferenciais parciais:	14



4.2.1 Método das diferenças finitas 4.2.2 Método dos volumes finitos 4.3. Introdução à fluidodinâmica computacional 4.4 Aplicações computacionais envolvendo simulador de processo microscópico e/ou implementação de rotinas em diferentes linguagens de programação	
Avaliações 26/10/2023 – Primeira Avaliação: Escrita e Individual (P1) – Teórica (2 horas-aula) 31/10/2023 – Segunda Avaliação: Prática e Individual (P2) – Prática (2 horas-aula) 14/12/2023 – Prova de Recuperação (REC) (2 horas-aula)	6
Seminários Seminário I (S1) – apresentação no formato de um vídeo: 17/10/2023 Seminário II (S2) – apresentação oral: 30/11/2023 a 12/12/2023	8
SAEQA – Semana Acadêmica dos Estudantes de Engenharia Química e Engenharia de Alimentos 3/10/2023 e 5/10/2023	4
Feriados 7/9/2023 – Independência do Brasil 12/10/2023 – Nossa Senhora Aparecida 2/11/2023 – Finados	6
Carga Horária Total	76 horas-aula – 6 horas-aula de feriado = 70 horas-aula
PROGRAMA PRÁTICO	
Não se aplica.	

IX. CRONOGRAMA	
Data	Conteúdo
8/8/2023 - 15/8/2023 6 horas-aula	1. Recepção dos(as) Estudantes e Apresentação e Discussão Detalhada do Plano de Ensino-Aprendizagem da Disciplina. 2. Discussão Detalhada do Ambiente Virtual de Ensino e Aprendizagem (AVEA) Moodle. 1. Introdução à Modelagem Matemática e à Simulação Numérica de Processos 1.1 Conceitos básicos de modelagem matemática e simulação numérica 1.2 Classificação de modelos matemáticos de processos 1.3 Classificação de métodos numéricos para simulação de modelos matemáticos 1.4 Uso de modelos matemáticos na Engenharia Química e na Engenharia de Alimentos
17/8/2023 - 19/9/2023 18 horas-aula	2. Solução Numérica de Sistemas de Equações Algébricas Lineares e Não Lineares 2.1 Obtenção de modelos de processos para a indústria química e de alimentos baseados em sistemas de equações algébricas lineares 2.2 Métodos numéricos para a solução de sistemas de equações algébricas lineares: 2.2.1 Métodos diretos: inversão matricial, eliminação gaussiana e matriz tridiagonal 2.2.2 Métodos iterativos: método de Gauss-Seidel e método de Jacobi 2.3 Obtenção de modelos de processos para a indústria química e de alimentos baseados em sistemas de equações algébricas não-lineares 2.4 Método numérico para a solução de sistemas de equações algébricas não-lineares: 2.4.1 Método de Newton-Raphson 2.5 Fluxogramas de processos para a indústria química e de alimentos



	2.6 Aplicações computacionais envolvendo simuladores de processos macroscópicos e implementação de rotinas em diferentes linguagens de programação
7/9/2023 - 2 horas-aula	Feriado – Independência do Brasil
21/9/2023 - 24/10/2023 14 horas-aula	3. Solução Numérica de Sistemas de Equações Diferenciais Ordinárias 3.1 Obtenção de modelos de processos para a indústria química e de alimentos baseados em sistemas de equações diferenciais ordinárias 3.2 Métodos numéricos para a solução de sistemas de equações diferenciais ordinárias: 3.2.1 Método de Euler explícito 3.2.2 Método de Euler implícito 3.2.3 Métodos de Runge-Kutta 3.2.4 Métodos de passo variável 3.2.5 Problemas <i>stiff</i> 3.3 Aplicações computacionais envolvendo a implementação de rotinas em diferentes linguagens de programação
3/10/2023 - 5/10/2023 4 horas-aula	SAEQA – Semana Acadêmica dos Estudantes de Engenharia Química e Engenharia de Alimentos
12/10/2023 2 horas-aula	Feriado – Nossa Senhora Aparecida
17/10/2023	Atividade Avaliativa - Apresentação do Seminário I (S1) no Formato de um Vídeo
26/10/2023 2 horas-aula	Atividade Avaliativa – Avaliação Escrita e Individual (P1 – Teórica)
31/10/2023 2 horas-aula	Atividade Avaliativa – Avaliação Prática e Individual (P2 – Prática)
2/11/2023 2 horas-aula	Feriado - Finados
7/11/2023 - 28/11/2023 14 horas-aula	4. Solução Numérica de Sistemas de Equações Diferenciais Parciais 4.1 Obtenção de modelos de processos para a indústria química e de alimentos baseados em sistemas de equações diferenciais parciais 4.2 Métodos numéricos para a solução de sistemas de equações diferenciais parciais: 4.2.1 Método das diferenças finitas 4.2.2 Método dos volumes finitos 4.3. Introdução à fluidodinâmica computacional 4.4 Aplicações computacionais envolvendo simulador de processo microscópico e/ou implementação de rotinas em diferentes linguagens de programação
30/11/2023 - 12/12/2023 8 horas-aula	Apresentação do Seminário II (S2)
14/12/2023 2 horas-aula	Prova de Recuperação (REC)



X. METODOLOGIA DE ENSINO / DESENVOLVIMENTO DO PROGRAMA

• SOBRE AS AULAS

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

Convém salientar que as aulas serão ministradas no Laboratório Integrado de Informática do Centro Tecnológico (LIICT/CTC) e em sala de aula do Departamento de Engenharia Química e Engenharia de Alimentos.

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

O Ambiente Virtual de Ensino e Aprendizagem (AVEA) *Moodle* consistirá na base de dados da disciplina, na plataforma para a submissão de atividades e em ferramenta de comunicação entre professores e estudantes e vice-versa. 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-Aprendizagem ou por agendamento com antecedência de 24 horas.

Além disto, a disciplina conta com um estagiário docente que os auxiliará nas atividades acadêmicas:

Kelvin Goularte (kelvin_goularte@hotmail.com)
LabMAC – Laboratório de Materiais e Computação Científica
Horário de Atendimento: segundas-feiras das 14h00 às 16h00

• FREQUÊNCIA NA DISCIPLINA

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

• OBSERVAÇÕES

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, cinética química, processos, etc., reserve algum tempo para revisar esses assuntos, pelo menos na medida de sua necessidade.

Eventualmente, a disciplina poderá contar com a participação de profissional(ais) da academia ou da indústria para ministração de palestras, em data divulgada em tempo hábil.

XI. METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO

A análise da aprendizagem será realizada por meio de uma série atividades a serem desenvolvidas individualmente e entregues durante o semestre, duas avaliações individuais, sendo uma de caráter teórico (P1) e uma de caráter prático (P2), além de dois seminários semestrais, sendo um apresentado no formato de vídeo e outro na forma de apresentação oral. Convém salientar que os seminários serão desenvolvidos em equipe de, no máximo, 3 estudantes. Detalhes sobre o desenvolvimento dos seminários serão discutidos em aula e comunicados no Ambiente Virtual de Ensino e Aprendizagem (AVEA) *Moodle*. Embora apresentado em equipe, a avaliação de desempenho será realizada individualmente. Logo, a composição da Média Final (MF) será assim distribuída:

- atividades (A1): 15%
- avaliação teórica (individual – P1) e prática (individual – P2): 35% P1 e 15% P2
- seminários (S1 e S2): 15% S1 e 20% S2



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

$$\text{Média Final} = [0,15 \cdot A1 + 0,35 \cdot P1 + 0,15 \cdot P2 + 0,15 \cdot S1 + 0,20 \cdot S2]$$

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.

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).

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)

CHAPRA, S. C. **Applied numerical methods with MATLAB, for engineers and scientists**. 3rd ed. [s. l.]: McGraw Hill, 2012.

FRANKS, R. G. E. **Modeling and simulation in chemical engineering**. [s. l.]: Wiley Interscience, 1972.

LUYBEN, W. L. **Process modeling, simulation, and control for chemical engineers**. 2nd ed. [s. l.]: McGraw Hill, 1990.

PINTO, J. C. C. da S.; LAGE, P. L. da C. **Métodos numéricos em problemas de engenharia química**. [s. l.]: e-papers, 2001.

XIV. BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR (em ordem alfabética)

BRENAN, K. E.; CAMPBELL, S. L. (Stephen L. V.); PETZOLD, L. R. **Numerical solution of initial-value problems in differential-algebraic equations**. K. E. Brenan, S. L. Campbell, L. R. Petzold. SIAM, 1996.

CARNAHAN, B.; WILKES, J. O.; LUTHER, H. A. **Applied numerical method**. [s. l.]: John Wiley, 1969.

Chemical plant simulation: an introduction to computer-aided steady-state process analysis. [s. l.]: Prentice-Hall, 1971.

DAVIS, M. E. **Numerical methods and modeling for chemical engineers**. [s. l.]: J. Wiley, 1984.

FAIRES, J. D.; BURDEN, R. L. **Numerical methods**. 4th ed. [s. l.]: Brooks/Cole, 2013.

FELDER, R. M.; ROUSSEAU, R. W. **Elementary principles of chemical processes**. 2nd ed. [s. l.]: John Wiley & Sons, 1986.



- FINLAYSON, B. A. **The method of weighted residuals and variational principles with application in fluid mechanics, heat and mass transfer.** [s. l.]: Academic Press, 1972.
- FRANKS, R. G. E. **Modeling and simulation in chemical engineering.** [s. l.]: Wiley Interscience, 1972.
- FROBERG, C. E. **Introduction to numerical analysis.** [s. l.]: Addison-Wesley, 1966.
- HIMMELBLAU, D. M. **Process analysis by statistical method.** [s. l.]: J. Wiley, 1970.
- HIMMELBLAU, D. M. **Applied nonlinear programming.** [s. l.]: McGraw-Hill Book Company, 1972.
- HOLLAND, C. D. **Computer methods for solving dynamic separation problems.** [s. l.]: McGraw-Hill, 1983.
- HUSAIN, A. **Chemical process simulation.** [s. l.]: J. Wiley, 1986.
- LAW, A. M. **Simulation modeling and analysis.** 2ª. [s. l.]: McGraw-Hill, 1991.
- MAHEY, P. **Programação não-linear: introdução a teoria e aos métodos.** [s. l.]: Campus, 1987.
- PERLINGEIRO, C. A. G. **Engenharia de processos: análise, simulação, otimização e síntese de processos químicos.** [s. l.]: Edgard Blucher, 2005.
- RESNICK, W. **Process analysis and design for chemical engineers.** [s. l.]: McGraw-Hill, 1981.
- RICE, J. R. **Numerical methods, software, and analysis.** International student edition. [s. l.]: McGraw Hill, 1983.
- SEBORG, D. E. et al. **Process dynamics and control.** 3rd ed. [s. l.]: J. Wiley, 2011.

XV. OBSERVAÇÕES FINAIS

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 Ensino e Aprendizagem (AVEA) *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.

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

Prof.^a Dr.^a Cíntia Soares
Docente

Prof. Dr. Natan Padoin
Docente

Prof. Dr. Agenor Furigo Junior
Chefe do Departamento