

## **PLANO DE ENSINO – 2024/1**

| <b>IDENTIFICAÇÃO DA DISCIPLINA:</b> |                           |              |                                  |                                       |
|-------------------------------------|---------------------------|--------------|----------------------------------|---------------------------------------|
| <b>CÓDIGO</b>                       | <b>NOME DA DISCIPLINA</b> | <b>TURMA</b> | <b>Nº DE HORAS-AULA SEMANAIS</b> | <b>TOTAL DE HORAS-AULA SEMESTRAIS</b> |
| EQA5521                             | Controle de Processos I   | 09215        | 04                               | 72                                    |

| <b>PROFESSOR(ES) MINISTRANTE(S)</b> | <b>CONTATO</b>     |
|-------------------------------------|--------------------|
| Bruno Francisco Oechsler            | b.oechsler@ufsc.br |
|                                     |                    |

| <b>PRÉ-REQUISITO(S)</b>      |                                             |
|------------------------------|---------------------------------------------|
| <b>CÓDIGO</b>                | <b>NOME DA DISCIPLINA</b>                   |
| EQA5417 e MTM3104 ou MTM5164 | Fenômenos de Transferência III e Cálculo 4- |

| <b>EQUIVALENTES</b>       |
|---------------------------|
| ENQ1415 <b>ou</b> ENQ5415 |

| <b>CURSO(S) PARA O(S) QUAL(IS) A DISCIPLINA É OFERECIDA</b> |
|-------------------------------------------------------------|
| ENGENHARIA QUÍMICA<br>ENGENHARIA DE ALIMENTOS               |

| <b>EMENTA</b>                                                                                                                                                                                 |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Controle automático de processos: características estáticas e dinâmicas do processo, do controlador e do elemento final. Função de transferência. Atuação do controlador. Estudo frequencial. |

| <b>OBJETIVOS</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ol style="list-style-type: none"><li>1. Modelar Sistemas de Processos Químicos e da Indústria de Alimentos</li><li>2. Obter Funções de Transferência</li><li>3. Analisar o Comportamento Dinâmico de Sistemas Lineares em Malha Aberta</li><li>4. Linearizar Modelos</li><li>5. Conhecer os componentes básicos de uma malha de controle</li><li>6. Analisar o Comportamento Dinâmico de Sistemas em Malha Fechada</li><li>7. Projetar sistemas de controle por análise temporal, ajustar e analisar o desempenho</li><li>8. Conhecer técnicas modernas de controle</li></ol> |

| <b>CONTEÚDO PROGRAMÁTICO</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ol style="list-style-type: none"><li>1 - Introdução ao controle de processos</li><li>2 - Revisão da modelagem de processos químicos</li><li>3 - Funções de transferência</li><li>4 - Comportamento dinâmico de sistemas de primeira e segunda ordem</li><li>5 - Comportamento e estabilidade de sistemas em malha fechada</li><li>6 - Controladores com retroalimentação (controladores feedback)</li></ol> |

- 7 - Projeto de controladores via análise temporal
- 8 - Projeto de controladores via análise frequencial
- 9 - Instrumentação: Medidores de pressão, temperatura, vazão e nível
- 10 - Introdução à técnicas modernas de controle

| Aula              | Conteúdo                                                                                                                                                                                                                      |
|-------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1<br>11/03<br>2h  | <b>Introdução ao Controle de Processos</b> - Objetivos do sistema de controle, Classificação das variáveis de processo, Configuração de Sistemas de Controle.                                                                 |
| 2<br>13/03<br>2h  | <b>Modelagem de Processos Químicos</b> - Simulação, Otimização e Controle, Análise de Graus de Liberdade, Balanços de Massa e Energia, Modelos Dinâmicos Lineares e Não-Lineares no Espaço de Estados                         |
| 3<br>18/03<br>2h  | <b>Modelagem de Processos Químicos</b> - Técnicas de Linearização, Modelos Dinâmicos em termos de Variáveis Desvio, Exemplos: Tanque Agitado Contínuo, Tanque Contínuo Agitado com Aquecimento,                               |
| 4<br>20/03<br>2h  | <b>Modelagem de Processos Químicos</b> - Exemplos: Reator Contínuo de Tanque Agitado Isotérmico.                                                                                                                              |
| 5<br>25/03<br>2h  | <b>Modelagem de Processos Químicos</b> - Exemplos: Reator Contínuo de Tanque Agitado Diabático, Reator Bioquímico.                                                                                                            |
| 6<br>27/03<br>2h  | <b>Modelos de Função de Transferência</b> - Transformação de Laplace, Perturbações típicas, Transformação inversa de Laplace                                                                                                  |
| 7<br>01/04<br>2h  | <b>Modelos de Função de Transferência</b> - Representação das Funções de Transferência (Pólos e Zeros), Representação por Diagrama de Blocos, Propriedades das Funções de Transferência                                       |
| 8<br>03/04<br>2h  | <b>Comportamento Dinâmico de Sistemas de 1ª Ordem</b> - Exemplos: Sistema de nível de líquido, Reator Contínuo de Tanque Agitado Isotérmico, Tanque Contínuo Agitado com Aquecimento. Resposta transiente: Perturbação Degrau |
| 9<br>08/04<br>2h  | <b>Comportamento Dinâmico de Sistemas de 1ª Ordem</b> - Resposta Transiente: Perturbações do Tipo Pulso, Impulso, Rampa e Senoidal                                                                                            |
| 10<br>10/04<br>2h | <b>Comportamento Dinâmico de Sistemas de 1ª Ordem</b> - Processos do tipo integrador puro. Sistemas com Avanço e Atraso.                                                                                                      |
| 11<br>15/04<br>2h | <b>Comportamento Dinâmico de Sistemas de Ordem Superior</b> - Sistemas de 1ª Ordem em Série com e sem Interação                                                                                                               |

|                   |                                                                                                                                                                                                                                   |
|-------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 12<br>17/04<br>2h | <b>Comportamento Dinâmico de Sistemas de Ordem Superior</b> – Resposta Transiente de Sistemas de 2ª Ordem: Perturbação do Tipo Degrau e Impulso.                                                                                  |
| 13<br>22/04<br>2h | <b>Comportamento Dinâmico de Sistemas de Ordem Superior</b> - N Sistemas de 1ª Ordem em Série: Resposta à Perturbação Degrau                                                                                                      |
| 14<br>24/04<br>2h | <b>Comportamento Dinâmico de Sistemas com Tempo Morto</b> – Sistema de 1ª Ordem com Tempo Morto. Aproximações de Padé                                                                                                             |
| 15<br>29/04<br>2h | <b>Primeira Avaliação</b>                                                                                                                                                                                                         |
| 16<br>01/05<br>2h | Feriado: Dia do Trabalho                                                                                                                                                                                                          |
| 17<br>06/05<br>2h | <b>Comportamento Dinâmico de Sistemas em Malha Fechada</b> – Sistemas de Controle por Realimentação, Desenvolvimento do Diagrama de Blocos, Controladores Clássicos por Realimentação: Ações Proporcional, Integral e Derivativa. |
| 18<br>08/05<br>2h | <b>Comportamento Dinâmico de Sistemas em Malha Fechada</b> – Funções de Transferência para os Elementos, Funções de Transferência para o Sistema em Malha Fechada: Problemas Servo e Regulatório.                                 |
| 19<br>13/05<br>2h | <b>Comportamento Dinâmico de Sistemas em Malha Fechada</b> – Resposta Transiente de Processos de 1ª Ordem ao Controlador por Retroalimentação com Ação Proporcional.                                                              |
| 20<br>15/05<br>2h | <b>Comportamento Dinâmico de Sistemas em Malha Fechada</b> – Resposta Transiente de Sistemas de 1ª Ordem ao Controlador por Retroalimentação com Ação PI e Ação PID                                                               |
| 21<br>20/05<br>2h | <b>Estabilidade de Sistemas em Malha Fechada</b> – Equação Característica, Critério Geral de Estabilidade, Critério de Estabilidade de Routh. Exemplos.                                                                           |
| 22<br>22/05<br>2h | <b>Estabilidade de Sistemas em Malha Fechada</b> – Método da Substituição Direta, Diagrama do Local das Raízes.                                                                                                                   |
| 23<br>27/05<br>2h | <b>Sintonia de Controladores por Análise Dinâmica</b> – Critérios de Desempenho, Métodos com Modelos Aproximados do Processo (Ziegler-Nichols, Cohen-Coon, ITAE Mínimo, Síntese Direta, IMC).                                     |
| 24<br>29/05<br>2h | <b>Sintonia de Controladores por Análise Dinâmica</b> – Métodos com Modelos Fundamentais do Processo: Otimização dos Critérios de Desempenho                                                                                      |

|                   |                                                                                                                                                                |
|-------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                   |                                                                                                                                                                |
| 25<br>03/06<br>2h | <b>Sintonia de Controladores por Análise Dinâmica</b> – Métodos com Modelos Fundamentais do Processo: Síntese Direta, Margens de Estabilidade do Processo.     |
| 26<br>05/06<br>2h | <b>Sintonia de Controladores por Análise Dinâmica</b> – Métodos com Modelos Fundamentais do Processo: Controle por Modelo Interno (IMC).                       |
| 27<br>10/06<br>2h | <b>Sintonia de Controladores por Análise Freqüencial</b> – Análise freqüencial de sistemas de 1ª e 2ª Ordem. Diagramas de Bode e Nyquist.                      |
| 28<br>12/06<br>2h | <b>Sintonia de Controladores por Análise Freqüencial</b> – Resposta em Freqüência de Controladores por Retroalimentação (P, PI, PID).                          |
| 29<br>17/06<br>2h | <b>Sintonia de Controladores por Análise Freqüencial</b> – Critérios de Estabilidade de Bode e Nyquist. Margem de Ganho e Margem de Fase.                      |
| 30<br>19/06<br>2h | <b>Segunda Avaliação</b>                                                                                                                                       |
| 31<br>24/06<br>2h | <b>Introdução à Técnicas Modernas de Controle:</b> Malhas de Controle em Cascata, Princípios Básicos.                                                          |
| 32<br>26/06<br>2h | <b>Introdução à Técnicas Modernas de Controle:</b> Malhas de Controle em Cascata, Características da Malha Fechada.                                            |
| 33<br>01/07<br>2h | <b>Instrumentação Industrial em Malhas de Controle:</b> Classificação de Funções de Instrumentos Específicos. Medidores de pressão, temperatura, vazão e nível |
| 34<br>03/07<br>2h | <b>Instrumentação Industrial em Malhas de Controle:</b> Simbologia e Nomenclatura para projetos de plantas industriais.                                        |
| 35<br>08/07<br>2h | Avaliação Substitutiva                                                                                                                                         |
| 36<br>10/07<br>2h | Avaliação de Recuperação                                                                                                                                       |
| 37<br>13/07<br>2h | Entrega das Notas Finais                                                                                                                                       |

### METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO

Serão realizadas as seguintes avaliações:

- Exercícios (NE): Peso 0,25
- Avaliações (NA1 e NA2): Peso 0,25 por Avaliação
- Projeto de Sistema de Controle (NP): Peso 0,25

- 1) A média ponderada das avaliações será calculada como:  
 $MP = 0,25*NE + 0,25*(NA1+NA2) + 0,25*NP$ ;
- 2) Se  $MP \geq 5,75$ ; o estudante está aprovado sem Prova de Recuperação (REC).
- 3) Em caso de  $3,0 \leq MP < 5,75$  e frequência suficiente, o estudante terá direito à realização da REC.
- 4) Se  $MP < 3,0$ ; o estudante está automaticamente reprovado;
- 5) A média no caso (3) será calculada como:  $MF = (MP + REC)/2$ .

Frequência mínima exigida: 75% (RESOLUÇÃO Nº 17/CUn/97, DE 30 DE SETEMBRO DE 1997.)

### NOVA AVALIAÇÃO

Para solicitar uma segunda avaliação ou revisão, o aluno deverá formalizar pedido na **Secretaria do Departamento**.

Conforme Resolução nº 017/CUn/1997, Art. 74, o aluno, 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 ao chefe de departamento, junto à Secretaria Integrada de Departamentos (SID) dentro do prazo de 3 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.

Data da Avaliação Substitutiva: 08/07/2024

### BIBLIOGRAFIA BÁSICA

1. SEBORG, D.E., EDGARD, T.F., MELLICHAMP, D.A., Process Dynamics and Control, John Wiley & Sons, 3rd. Edition, 2011.
2. OGUNNAIKE, B.A. e RAY, W.H., Process Dynamics, Modeling and Control. Oxford University Press, Oxford, 1994.
3. BEQUETTE, B.W., Process Control, Modeling, Design and Simulation, Prentice-Hall, 2003.

### BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR

1. STEPHANOPOULOS, G., Chemical process Control an Introduction to Theory and Practice, Prentice Hall, 1984.
2. COUGHANOWR, D. R. Process System Analysis and Control. 2nd Ed. McGraw-Hill International Editions, 1991.
3. CAMPOS, M.C.M.M. e TEIXEIRA, H. C. G., Controles Típicos de Equipamentos e Processos Industriais, Editora Edgard Blücher, 2006.
4. DE SOUZA JR., M.B. e TRICA, D. J., Introdução a Modelagem e Dinâmica para Controle de Processos. Publit, 2013.
5. NUNES, G.C., MEDEIROS, J. L, ARAÚJO, O.Q.F., Modelagem e Controle na Produção de Petróleo - Aplicações em Matlab, Editora Edgard Blucher, 2010.



Universidade Federal de Santa Catarina  
Centro Tecnológico  
Departamento de Engenharia Química  
e Engenharia de Alimentos



## OBSERVAÇÕES

Horário de atendimento do professor: Quarta-Feira (16-18h), na sala EQA E-209.  
A prova de recuperação será realizada com todo o conteúdo da disciplina.  
A avaliação substitutiva será realizada com todo o conteúdo da disciplina.

Assinatura do Professor

Assinatura do Chefe do  
Departamento