Universidade Federal de São João del-Rei

COORDENADORIA DO CURSO DE ENGENHARIA DE BIOPROCESSOS

PLANO DE ENSINO

Disciplina: Projeto de Biorreatores			**Período: 9º**		**Currículo: 2018**
Docente Responsável: Flávia Donária Reis Gonzaga			**Unidade Acadêmica: DQBIO**		
Pré-requisito: Cinética e Cálculo de Biorreatores, Transferência de massa			**Co-requisito: não há**		
C.H. Total: 66h	**C.H. Prática: 0h**	**C.H. Teórica: 66h**	**Grau: Bacharelado**	**Ano: 2026**	**Semestre: 2º**

EMENTA

Reatores multifásicos. Difusão gás-líquido em biorreatores. Aspectos de transporte de massa em reatores e biorreatores com catálise heterogênea. Reatores com enzimas e células imobilizadas (leito fixo e leito fluidizado). Filmes biológicos. Reatores não-isotérmicos. Modelos para caracterização de biorreatores reais. Escalonamento de Biorreatores (*scale up e scale down*).

OBJETIVOS

Proporcionar fundamentação teórica para a especificação de biorreatores reais, levando em consideração aspectos multifásicos dos biorreatores, operações não-isotérmicas e variação de escala.

CONTEÚDO PROGRAMÁTICO

1. Reologia aplicada a biorreatores
   - Fluidos newtonianos e não newtonianos;
   - Modelos reológicos aplicados a meios biológicos;
   - Influência da biomassa sobre a viscosidade;
   - Mistura e agitação;
   - Potência de agitação;
   - Número de Reynolds e regimes de escoamento.
2. Transferência de massa em biorreatores
   - Teoria das duas películas;
   - Transferência gás-líquido;
   - Coeficiente volumétrico de transferência de oxigênio (kLa);
   - Métodos experimentais para determinação de kLa;
   - Fatores que influenciam a transferência de oxigênio;
   - Reatores multifásicos.
3. Transporte de massa e sistemas com imobilização
   - Difusão interna e externa;
   - Limitações difusionais;
   - Fator de eficácia;
   - Efetividade catalítica;
   - Reatores com enzimas imobilizadas;
   - Reatores com células imobilizadas;
   - Leitos fixos e fluidizados.
4. Projeto de biorreatores aerados
   - Tanques agitados mecanicamente;
   - Colunas de bolhas;
   - Reatores airlift;
   - Potência de aeração;
   - Distribuição de bolhas;
   - Mistura e circulação;
   - Critérios para seleção do tipo de biorreator.
5. Projeto de biorreatores não aerados
   - Configurações operacionais;

- Reatores em batelada;
- Reatores contínuos;
- Reatores tubulares;
- Biodigestores anaeróbios;
- Filmes biológicos;
- Distribuição do Tempo de Residência (RTD);
- Modelos para caracterização de biorreatores reais.

6. Transferência de calor em biorreatores
   - Geração de calor em bioprocessos;
   - Necessidade de controle térmico;
   - Balanços de energia;
   - Coeficiente global de transferência de calor;
   - Sistemas de aquecimento e resfriamento;
   - Projeto térmico de biorreatores.
7. Mudança de escala (Scale-up e Scale-down)
   - Objetivos do escalonamento;
   - Critérios geométricos;
   - Critérios hidrodinâmicos;
   - Critérios cinéticos;
   - Critérios baseados em transferência de massa.
8. Projeto Integrado de Biorreatores
   - Integração entre reologia, transferência de massa e calor;
   - Especificação técnica do biorreator;
   - Seleção das condições operacionais;
   - Análise crítica de alternativas de projeto;
   - Estudos de caso industriais.
9. Projeto de Reatores Não Isotérmicos em Regime Estacionário
   - Balanços de energia;
   - CSTR e PFR não isotérmicos;
   - Reatores adiabáticos;
   - Conversão de equilíbrio;
   - Temperatura ótima de alimentação;
   - Múltiplos estados estacionários;
   - Combinação de reatores.
10. Projeto de Reatores Não Isotérmicos em Regime Não Estacionário
    - Balanços transientes;
    - CSTR em regime transiente;
    - Estabilidade;
    - PFR não estacionário;
    - Reatores batelada.

METODOLOGIA DE ENSINO

A disciplina será desenvolvida por meio de aulas dialogadas e expositivo-participativas, resolução orientada de problemas, estudos de caso, interpretação de artigos científicos e desenvolvimento de projetos aplicados à Engenharia de Bioprocessos. Serão utilizadas metodologias ativas que promovam a integração entre teoria e prática, estimulando o pensamento crítico, a tomada de decisão e a resolução de problemas de engenharia.

Os alunos terão 3 horas de atendimento extraclasse.

CONTROLE DE FREQUÊNCIA E CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO

O controle de frequência se dará através de chamada durante as aulas, utilizando o SIGAA para registro (SIGAA – Aluno – lançar frequência).

A avaliação da aprendizagem será realizada por meio das seguintes atividades:

AV1 – Avaliação Individual (Peso 3)

Conteúdo: Tópicos 1 a 4.

Avaliação escrita individual envolvendo resolução de problemas referentes à reologia, transferência de massa, transporte de massa, sistemas com imobilização e projeto de biorreatores aerados.

AV2 – Avaliação em Grupo (Peso 4)

Conteúdo: Tópicos 5 a 8.

Desenvolvimento de um projeto completo de especificação de um biorreator para determinado bioprocesso, contemplando levantamento bibliográfico, caracterização do processo, seleção da configuração do biorreator, análise da reologia, transferência de massa, transferência de calor, critérios de mudança de escala e justificativa técnica das decisões adotada, culminando com apresentação oral dos resultados.

AV3 – Avaliação em Grupo (Peso 3)

Conteúdo: Tópicos 9 e 10.

Avaliação escrita individual envolvendo resolução de problemas relacionados ao projeto de reatores não isotérmicos em regime estacionário e não estacionário, incluindo balanços de energia, estabilidade operacional e análise de sistemas transientes.

Nota final (NF): $NF = {(3AV1 + 4AV2 + 3AV3)}/{10}$

Aprovação: NF igual ou superior a 6,0 pontos e mínimo de 75% de frequência.

Prova substitutiva: para o aluno com mínimo de 75% de frequência, que não obteve NF para provação e 4≤NF<6. Atividade individual referente a atividade de menor nota, considerando-se o peso atribuído a mesma. Prevalecerá a maior nota.

BIBLIOGRAFIA BÁSICA

1. FOGLER, H. S. Elementos de Engenharia das Reações Químicas. 4ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 2009.
2. LEVENSPIEL, O. Engenharia das Reações Químicas. São Paulo: Blucher, 2007.
3. FROMENT, G. F., BISCHOFF, K. B. Chemical Reactor Analysis and Design. 2ª ed. New York: Wiley & Sons, 1990. 4. SCHMIDELL, W.; LIMA, U. A.; AQUARONE, E.; BORZANI, W. Biotecnologia Industrial. São Paulo: Blücher, 2001, vol. 2.
5. DORAN, P. M.; Bioprocess Engineering Principles, Academic Press; 1ª Edição, 1995.

BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR

1. NIELSEN, J. H. E; VILLADSEN, J.; LIDÉN, G. Bioreaction Engineering Principles. 2ª ed. New York: Kluwer Academic, 2003.
2. SHULER, M. L.; KARGI, F. Bioprocess Engineering: Basic Concepts.2ª ED. SADDLE RIVER, NJ: PRENTICE-HALL, 2008.
3. COULSON, J. M. Chemical Engineering: Chemical and Biochemical Reactors and Process Control.3ª ed. Amsterdan: Elsevier Science & Technology, 1994, Vol. 3.
4. HILL, C.G. An Introduction to Chemical Engineering: Kinetics and Reactor Design. New York: John Wiley & Sons, 1977.
5. SCHMAL, M. Cinética Homogênea Aplicada a Cálculo de Reatores. Rio De Janeiro: Guanabara Dois, 1982

	Aprovado pelo Colegiado em / /
Profª Flávia Donária Reis Gonzaga	Daniela Leite Fabrino Coordenadora do Curso de Engenharia de Bioprocessos

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO JOÃO DEL-REI
SISTEMA INTEGRADO DE PATRIMÔNIO, ADMINISTRAÇÃO E CONTRATOS

FOLHA DE ASSINATURAS

Emitido em 01/11/2026

PLANO DE ENSINO Nº 1401/2026 - CEBIO (12.50)

(Nº do Protocolo: 23122.036012/2026-39)

(Assinado digitalmente em 01/11/2026 18:46)
FLAVIA DONARIA REIS GONZAGA
PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR
DQBIO (12.26)
Matrícula: ###966#4

(Assinado digitalmente em 02/11/2026 15:44)
GABRIEL DE CASTRO FONSECA
COORDENADOR DE CURSO
CEBIO (12.50)
Matrícula: ###518#9

Visualize o documento original em https://sipac.ufsj.edu.br/public/documentos/ informando seu número: **1401**, ano: **2026**, tipo: **PLANO DE ENSINO**, data de emissão: **01/11/2026** e o código de verificação: **cdfd3d8054**