



## Plano de Ensino para o Ano Letivo de 2020

IDENTIFICAÇÃO		
Disciplina: Engenharia dos Processos Biotecnológicos		Código da Disciplina: EQM402
Course: Engineering of Biotechnological Processes		
Materia: Ingeniería de Procesos Biotecnológicos		
Periodicidade: Anual	Carga horária total: 160	Carga horária semanal: 02 - 02 - 00
Curso/Habilitação/Ênfase: Engenharia Química Engenharia Química Engenharia Química	Série: 5 4 4	Período: Noturno Diurno Noturno
Professor Responsável: Jose Alberto Domingues Rodrigues	Titulação - Graduação Engenheiro Químico	Pós-Graduação Livre Docente
Professores: Giovanna Lovato Jose Alberto Domingues Rodrigues Roberta Albanez Toreta Suzana Maria Ratusznei	Titulação - Graduação Engenheiro Químico Engenheiro Químico Engenheiro Químico Engenheiro Químico	Pós-Graduação Doutor Livre Docente Doutor Doutor
OBJETIVOS - Conhecimentos, Habilidades, e Atitudes		
<p>O objetivo dessa disciplina é fornecer ao aluno do curso Engenharia Química condições para analisar os processos bioquímicos industriais, com base nos fundamentos de fenômenos físicos e bioquímicos, visando desenvolver a capacidade de projetar e otimizar sistemas que envolvam princípios biotecnológicos.</p> <p>Nesse contexto, considerando-se as partes teórica e prática da disciplina, faz-se uma associação dos principais objetivos com as categorias de aprendizagem, ou seja, os conhecimentos, as habilidades e as atitudes.</p> <p>(i) Conhecimentos</p> <p>C1 - Fundamentos de microbiologia e bioquímica; C2 - Fundamentos de esterilização de equipamento, meio de cultivo e ar; C3 - Estudo cinético de sistemas enzimáticos e microbiológicos pelo uso de biorreatores ideais e isotérmicos operados nos modos batelada e contínuo; C4 - Formulação da equação de conservação de massa (balanço de massa) e projeto de biorreatores ideais e isotérmicos, operados nos modos batelada, contínuo e semi-contínuo; C5 - Fundamentos de agitação, aeração e variação de escala; C6 - Fundamentos de sistemas de tratamento biológico de resíduos.</p> <p>(ii) Habilidades</p>		



- H1 - Aplicar os conceitos de microbiologia e bioquímica ao projeto de biorreatores;
- H2 - Projetar sistemas de esterilização de equipamentos (pelo uso de calor e de agentes químicos), de meios de cultivo (pelo uso de calor em processos contínuos e descontínuos) e de ar (pelo uso de filtração);
- H3 - Compreender a síntese da equação de conservação de massa (balanço material), discernindo sobre os termos que a compõe e a aplicação em processos bioquímicos;
- H4 - Analisar e projetar biorreatores pelo uso do balanço de massa e das equações cinéticas e sua resolução por métodos numéricos, relacionando o projeto de biorreatores como etapa da engenharia de processos (planta química).
- H5 - Aplicar os conceitos de respiração microbiana e de transferência gás-líquido de oxigênio em reatores biológicos aeróbios, discernindo sobre os critérios de mudança de escala;
- H6 - Compreender os fundamentos de tratamento biológico de resíduos.

(iii) Atitudes

A1 - Interpretar os aspectos fenomenológicos que originam o equacionamento matemático do biorreator e sua posterior resolução numérica, relacionando a causa e efeito entre o dimensionamento do biorreator e as variáveis de processo.

#### EMENTA

Motivação ao estudo da engenharia dos processos biotecnológicos - engenharia bioquímica. Biologia, Microbiologia e Bioquímica aplicadas à biotecnologia industrial. Esterilização aplicada a processos biológicos industriais. Processos enzimáticos. Processos biológicos. Agitação e aeração em processos biológicos. Tratamento biológico de efluentes líquidos.

#### SYLLABUS

Motivation to study the engineering of biotechnological processes - biochemical engineering. Biology. Microbiology and Biochemistry applied to industrial biotechnology. Sterilization applied to industrial biological processes. Enzymatic processes. Biological processes. Agitation and aeration in biological processes. Biological treatment of wastewater.

#### TEMARIO

Motivación al estudio de ingeniería de procesos biotecnológicos - ingeniería bioquímica. Biología, Microbiología y Bioquímica aplicada a la biotecnología industrial. Esterilización aplicada a procesos biológicos. Procesos enzimáticos. Procesos biológicos. Agitación y aireación en procesos biológicos. Tratamiento biológico de las aguas residuales.



### ESTRATÉGIAS ATIVAS PARA APRENDIZAGEM - EAA

Aulas de Teoria - Sim

Aulas de Exercício - Sim

### LISTA DE ESTRATÉGIAS ATIVAS PARA APRENDIZAGEM

- Project Based Learning

- Sala de aula invertida

### METODOLOGIA DIDÁTICA

Visando ao alcance dos objetivos determinados para a disciplina, as atividades propostas são as seguintes:

- (a) Parte teórica: aulas expositivas e de exercícios exemplos, utilizando a técnica pedagógica de aprendizagem ativa denominada "aula invertida";
- (b) Parte prática: aulas de exercícios e de projetos, utilizando a técnica pedagógica de aprendizagem ativa denominada "aprendizado baseado em projetos".

Vale ressaltar o destaque dado para o auxílio computacional (Software Microsoft Excel) ao longo do curso na resolução de exercícios e de trabalhos (atividades de projeto). Além disso, faz-se uso do Moodle como apoio ao ensino presencial.

Os referidos trabalhos (atividades de projeto) são avaliados por apresentações orais (com auxílio computacional - Software Microsoft PowerPoint) e relatórios técnicos (com auxílio computacional - Software Microsoft Word), elaborados conforme normas apresentadas no início do curso. As normas de elaboração dos relatórios são baseadas no padrão ABNT de elaboração de relatórios técnico-científicos.

### CONHECIMENTOS PRÉVIOS NECESSÁRIOS PARA O ACOMPANHAMENTO DA DISCIPLINA

Os conhecimentos prévios necessários para o aproveitamento da disciplina são divididos em tópicos relacionados às disciplinas já cursadas:

- (1) Matemática e física: conceitos de cálculo diferencial e integral, de algoritmos significativos e de medidas físicas experimentais;
- (2) Química: conceitos de físico-química (estequiometria, termodinâmica e cinética química) e de química orgânica, inorgânica e analítica;
- (3) Estatística: conceitos de erros, de ajuste de equações (regressões), de sensibilidade de variáveis de processo e de critérios estatísticos de validação de modelos matemáticos;
- (4) Computação: utilização de planilhas para resolução de equações algébricas e diferenciais, com a posterior síntese de gráficos, tabelas e análise estatística;
- (5) Fundamentos de engenharia de processos: fluxogramas e instrumentação industrial, balanço material e de energia com reação química, conceitos de transferência de calor e de massa, conceitos dos principais equipamentos envolvidos com aspectos de transferência de quantidade de movimento (agitação e fluxo de líquidos e gases), de energia (trocadores de calor), de massa (destilação, absorção e adsorção) e de separações (envolvendo as fases gás-líquido-sólido);



- (6) Reatores químicos: conceitos dos principais equipamentos envolvidos com aspectos de transformações químicas;
- (7) Português: leitura e interpretação de textos (livros, listas de exercícios, enunciados de trabalhos e provas), além da apresentação oral e escrita de relatórios resultantes das atividades de laboratório e de projeto (parte prática);
- (8) Inglês: leitura básica e vocabulário técnico.

### CONTRIBUIÇÃO DA DISCIPLINA

A área de engenharia dos processos biotecnológicos é entendida como a parte da biotecnologia industrial cujos fundamentos físicos e bioquímicos estejam relacionados à Engenharia Química. Vários exemplos são destacados, desde a produção de diversos produtos, como antibióticos e alimentos, até o tratamento de resíduos, o qual assume importância cada vez maior.

Nesse contexto, é de fundamental importância a capacitação deste profissional nos diversos tópicos considerados multi-disciplinares que formam o conteúdo desta área. Assim, tendo sempre como objetivo principal a análise de processos biotecnológicos industriais, deve-se inicialmente considerar uma formação básica na área da biologia, com ênfase à microbiologia e à bioquímica. Na sequência, a abordagem de temas como a esterilização de equipamentos, de meio de cultivo e de ar, bem como a cinética enzimática e microbiológica, fornecem os fundamentos para o cálculo de biorreatores aplicados a processos enzimáticos e microbiológicos, considerando a instrumentação necessária e itens específicos, como agitação e aeração, além de fundamentos sobre mudança de escala. Por fim, a abordagem do tratamento biológico de resíduos torna-se importante.

Dessa forma, atinge-se o objetivo de fornecer condições para o projeto e a otimização de biorreatores pela compreensão dos fenômenos fundamentais apresentados em linguagens física, bioquímica e matemática.

Além disso, as técnicas pedagógicas utilizadas na disciplina propiciam as oportunidades necessárias para o desenvolvimento da capacidade de organização (realização de tarefas individuais e em grupo), de criação (as tarefas são formatadas para permitir a execução de forma flexível), de comunicação (apresentação das tarefas realizadas nas formas oral e escrita), e de arguição (discussão das avaliações das tarefas).

### BIBLIOGRAFIA

#### Bibliografia Básica:

Borzani, W.; Schmidell, W.; Lima, U.A.; Aquarone, E. Biotecnologia Industrial - Fundamentos (v. 1). Edgard Blücher, São Paulo, 2001.

Rodrigues, J.A.D. & Ratusznei, S.M. Engenharia Bioquímica. (Texto de Apoio Didático). EEM/CEUN-IMT, São Caetano do Sul, 2005.



Schmidell, W.; Lima, U.A.; Aquarone, E.; Borzani, W. Biotecnologia Industrial - Engenharia Bioquímica (v. 2). Edgard Blücher, São Paulo, 2001.

#### **Bibliografia Complementar:**

Felder, R.M.; Rousseau, R.W. Princípios Elementares de Processos Químicos. 3a Ed. LTC, Rio de Janeiro, 2005.

Fogler, H.S. Elementos de Engenharia das Reações Químicas. 4a Ed. LTC, Rio de Janeiro, 2009.

Sperling, M.V. Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias - Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos (v. 1). 2a Ed. DESA/UFMG, Belo Horizonte, 1996.

Sperling, M.V. Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias - Princípios Básicos do Tratamento de Esgotos (v. 2). DESA/UFMG, Belo Horizonte, 1996.

#### **AValiação (conforme Resolução RN CEPE 16/2014)**

Disciplina anual, com trabalhos e provas (quatro e duas substitutivas).

Pesos dos trabalhos:

$k_1$ : 0,5     $k_2$ : 0,5

Peso de MP( $k_p$ ): 0,7

Peso de MT( $k_T$ ): 0,3

#### **INFORMAÇÕES SOBRE PROVAS E TRABALHOS**

A avaliação é feita por meio de provas e trabalhos, os quais correspondem a 70% e 30%, respectivamente, no cálculo da média final.

As provas são realizadas sem consulta.

A programação da disciplina inclui a realização de 2 (dois) trabalhos:

T1 e T2 - Atividade prática semestral: trata-se de avaliação referente à execução de projetos (multi-inter-disciplinares) envolvendo o conteúdo do semestre, realizada em grupo de 4-6 alunos e avaliada por meio de relatório técnico-científico e/ou apresentação oral aplicada nos semestres letivos.

Os temas dessas atividades são os seguintes:

T1 - Atividade prática sobre análise de processos do primeiro semestre: tema sobre estudo cinético, análise e dimensionamento de reatores bioquímicos



aplicados a reações enzimáticas.

T2 - Atividade prática sobre análise de processos do segundo semestre: tema sobre estudo cinético, análise e dimensionamento de reatores bioquímicos aplicados a reações biológicas.

As atividades semestrais (T1 e T2) são formatadas de modo a estimular as competências cognitivas-sócio-emocionais de engenharia em aspectos de organização, objetivos, fundamentação teórica, descrição de memorial de cálculo e procedimento de estudo, discussão/interpretação de resultados, e conclusão de projetos de engenharia.

Estima-se que sejam necessárias 4 horas semanais de dedicação por aluno para o cumprimento da atividade. O cronograma de realização das atividades é combinado a cada bimestre/semestre.

As atividades são corrigidas e discutidas no intuito de utilizá-las para a melhoria do aprendizado dos diversos itens que a constituem, a saber: objetivos propostos, fundamentos teóricos aplicados, metodologias utilizadas, resultados obtidos, análise das interpretações, e conclusões.

Não há aproveitamento de notas de trabalho de ano anterior.

**OUTRAS INFORMAÇÕES**

A disciplina é anual, com avaliação baseada em provas (quatro provas + duas provas substitutivas) e trabalhos (dois trabalhos).

A programação da disciplina está formulada de acordo com os capítulos do texto de apoio didático adotado.

**1º Bimestre**

Capítulo 1 - Motivação ao estudo da engenharia dos processos biotecnológicos

Capítulo 2 - Microbiologia e bioquímica aplicadas à biotecnologia industrial

Microorganismos utilizados em processos biotecnológicos

Necessidades nutricionais e fatores influentes na atividade dos microrganismos

Principais compostos bioquímicos

Metabolismo celular - catabolismo e anabolismo

Capítulo 3 - Esterilização aplicada a processos biológicos industriais

Esterilização de equipamento, meio de cultivo (descontínua e contínua) e ar

**2º Bimestre**

Capítulo 4 - Processos enzimáticos

Modelos cinéticos de reações enzimáticas

Instrumentação e operação de reatores enzimáticos

Análise de biorreator enzimático BSTR, CSTR, FBSTR e PFR

**3º Bimestre:**

Capítulo 5 - Processos fermentativos

Instrumentação e operação de reatores biológicos

Modelos cinéticos de reações microbiológicas

Análise de reator biológico BSTR, CSTR (sem e com reciclo) e FBSTR

**4º Bimestre**

Capítulo 6 - Agitação e aeração em processos biológicos

Etapas do processo de transferência de oxigênio e de respiração microbiana

Análise da transferência de massa gás-líquido e do consumo de oxigênio

Estimativa do coeficiente volumétrico de transferência de oxigênio

Projeto de sistemas de agitação e de aeração de biorreatores

Capítulo 7 - Tratamento biológico de efluentes

Conceito de biodegradabilidade no tratamento de águas residuárias

Características das águas residuárias - físicas, químicas e biológicas

Etapas do processo de tratamento de águas residuárias

Aspectos tecnológicos do tratamento de águas residuárias



As necessidades de recursos materiais e humanos são as seguintes:

- (a) Parte teórica: lousa/giz e projetor;
- (b) Parte prática: laboratório de informática (microcomputadores).





### SOFTWARES NECESSÁRIOS PARA A DISCIPLINA

Microsoft Office (Word, Excel e PowerPoint).



## APROVAÇÕES

Prof.(a) Jose Alberto Domingues Rodrigues  
Responsável pela Disciplina

Prof.(a) Luciano Gonçalves Ribeiro  
Coordenador(a) do Curso de Engenharia Química

Data de Aprovação:



PROGRAMA DA DISCIPLINA		
Nº da semana	Conteúdo	EAA
1 T	Apresentação do conteúdo e das regras da disciplina.Motivação ao estudo da engenharia das reações bioquímicas (engenharia dos processos biotecnológicos).Microbiologia e bioquímica aplicadas à biotecnologia industrial.	1% a 10%
1 E	Microbiologia e bioquímica aplicadas à biotecnologia industrial - atividades práticas.	41% a 60%
2 T	Principais grupos de microrganismos usados em processos biotecnológicos.Necessidades nutricionais dos microrganismos - meios de cultivo.	1% a 10%
2 E	Microbiologia e bioquímica aplicadas à biotecnologia industrial - atividades práticas.	41% a 60%
3 T	Fatores influentes na atividade dos microrganismos. Principais compostosbioquímicos (lipídios/polissacarídeos/ácidos nucleicos/proteínas).	1% a 10%
3 E	Microbiologia e bioquímica aplicadas à biotecnologia industrial - atividades práticas.	41% a 60%
4 T	Principais compostos bioquímicos (lipídios/polissacarídeos/ácidosnucleicos/proteínas). Metabolismo celular - catabolismo e anabolismo.	1% a 10%
4 E	Microbiologia e bioquímica aplicadas à biotecnologia industrial - atividades práticas.	41% a 60%
5 T	Esterilização de equipamento.	1% a 10%
5 E	Esterilização aplicada a processos biológicos industriais - atividades práticas.	41% a 60%
6 T	Esterilização de meio de cultivo - descontínuo e contínuo.	1% a 10%
6 E	Esterilização aplicada a processos biológicos industriais - atividades práticas.	41% a 60%
7 T	Esterilização de meio de cultivo - descontínuo e contínuo.	1% a 10%
7 E	Esterilização aplicada a processos biológicos industriais - atividades práticas.	41% a 60%
8 T	Esterilização de ar.	1% a 10%
8 E	Esterilização aplicada a processos biológicos industriais - atividades práticas.	41% a 60%
9 T	Período de provas Pl.	0
9 E	Período de provas Pl.	0
10 T	Mecanismo da catálise enzimática.	1% a 10%
10 E	Processos enzimáticos - atividades práticas.	41% a 60%
11 T	Modelos cinéticos de reações enzimáticas.	1% a 10%
11 E	Processos enzimáticos - atividades práticas.	41% a 60%
12 T	Instrumentação e operação de reatores enzimáticos.Análise de reator enzimático BSTR.	1% a 10%
12 E	Processos enzimáticos - atividades práticas.	41% a 60%
13 T	Análise de reator enzimático CSTR (regimes permanente e transiente).	1% a 10%



13 E	Processos enzimáticos - atividades práticas.	41% a 60%
14 T	Análise de reator enzimático FBSTR,	1% a 10%
14 E	Processos enzimáticos - atividades práticas.	41% a 60%
15 T	Análise de reator enzimático PFR.	1% a 10%
15 E	Processos enzimáticos - atividades práticas.	41% a 60%
16 T	Análise de reatores enzimáticos.	1% a 10%
16 E	Análise de reatores enzimáticos - atividades práticas.	41% a 60%
17 T	Período de provas P2.	0
17 E	Período de provas P2.	0
18 T	Período de provas P2.	0
18 E	Período de provas P2.	0
19 T	Análise de reatores enzimáticos.	1% a 10%
19 E	Processos enzimáticos - atividades práticas.	41% a 60%
20 T	Período de provas substitutivas do primeiro semestre PS1.	0
20 E	Período de provas substitutivas do primeiro semestre PS1.	0
21 T	Instrumentação e operação de reatores biológicos.	1% a 10%
21 E	Processos biológicos - atividades práticas.	41% a 60%
22 T	Modelos cinéticos de reações biológicas.	1% a 10%
22 E	Processos biológicos - atividades práticas.	41% a 60%
23 T	Análise de reator biológico BSTR.	1% a 10%
23 E	Processos biológicos - atividades práticas.	41% a 60%
24 T	Análise de reator biológico CSTR - sem reciclo de células (regimes permanente e transiente).	1% a 10%
24 E	Processos biológicos - atividades práticas.	41% a 60%
25 T	Análise de reator biológico CSTR - com reciclo de células (regimes permanente e transiente).	1% a 10%
25 E	Processos biológicos - atividades práticas.	41% a 60%
26 T	Análise de reator biológico FBSTR.	1% a 10%
26 E	Processos biológicos - atividades práticas.	41% a 60%
27 T	Análise de reatores biológicos.	1% a 10%
27 E	Análise de reatores biológicos - atividades práticas.	41% a 60%
28 T	Análise de reatores biológicos.	1% a 10%
28 E	Análise de reatores biológicos - atividades práticas.	41% a 60%
29 T	Período de provas P3.	0
29 E	Período de provas P3.	0
30 T	Etapas do processo de transferência de oxigênio e de respiração microbiana. Análise conjunta da transferência de massa gás-líquido e do consumo de oxigênio.	1% a 10%
30 E	Agitação e aeração em processos biológicos - atividades práticas.	41% a 60%
31 T	Métodos para a estimativa do coeficiente volumétrico de transferência de oxigênio (kLa).	1% a 10%
31 E	Agitação e aeração em processos biológicos - atividades práticas.	41% a 60%
32 T	Projeto de sistemas de agitação e de aeração de biorreatores.	1% a 10%
32 E	Agitação e aeração em processos biológicos - atividades práticas.	41% a 60%
33 T	Projeto de sistemas de agitação e de aeração de biorreatores.	1% a 10%
33 E	Agitação e aeração em processos biológicos - atividades práticas.	41% a 60%
34 T	Projeto de sistemas de agitação e de aeração de biorreatores.	1% a 10%
34 E	Agitação e aeração em processos biológicos - atividades práticas.	41% a 60%



35 T	Projeto de sistemas de agitação e de aeração de biorreatores. Fundamentos sobre variação de escala em processos biológicos.	1% a 10%
35 E	Agitação e aeração em processos biológicos - atividades práticas.	41% a 60%
36 T	Conceito de biodegradabilidade no tratamento de águas residuárias.Características das águas residuárias - físicas, químicas e biológicas.	1% a 10%
36 E	Tratamento de resíduos - atividades práticas.	41% a 60%
37 T	Etapas do processo de tratamento de águas residuárias.Aspectos tecnológicos do tratamento de águas residuárias - sistemas físicos / químicos / físico-químicos / bioquímicos.	1% a 10%
37 E	Tratamento de resíduos - atividades práticas.	41% a 60%
38 T	Período de provas P4.	0
38 E	Período de provas P4.	0
39 T	Período de provas P4.	0
39 E	Período de provas P4.	0
40 T	Análise de reatores biológicos,	1% a 10%
40 E	Análise de reatores biológicos - atividades práticas.	41% a 60%
41 T	Período de provas substitutivas do segundo semestre PS2.	0
41 E	Período de provas substitutivas do segundo semestre PS2.	0
Legenda: T = Teoria, E = Exercício, L = Laboratório		