



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CENTRO ARARANGUÁ-ARA  
DEPARTAMENTO DE ENERGIA E SUSTENTABILIDADE  
PLANO DE ENSINO

SEMESTRE 2017.1

**I. IDENTIFICAÇÃO DA DISCIPLINA:**

CÓDIGO	NOME DA DISCIPLINA	Nº DE HORAS-AULA SEMANAIS		TOTAL DE HORAS-AULA SEMESTRAIS
		TEÓRICAS	PRÁTICAS	
ARA7327	BIORREADORES	04	00	72

**HORÁRIO**

TURMAS TEÓRICAS	TURMAS PRÁTICAS	MODALIDADE
08653 - 4.1620-2 - 6.1620-2	-	Presencial

**II. PROFESSOR(ES) MINISTRANTE(S)**

Elaine Virmond (elaine.virmond@ufsc.br)

**III. PRÉ-REQUISITO(S)**

CÓDIGO	NOME DA DISCIPLINA
ARA7330	Fundamentos de Biotecnologia
ARA7334	Laboratório de Química
ARA7351	Termodinâmica II

**IV. CURSO(S) PARA O(S) QUAL(IS) A DISCIPLINA É OFERECIDA**

Graduação em Engenharia de Energia

**V. JUSTIFICATIVA**

A Biotecnologia tem por base vários ramos do conhecimento, dentre os quais a Bioquímica, a Fisiologia, a Genética, a Microbiologia, a Virologia, a Botânica, a Zoologia, a Ecologia e as Engenharias, principalmente a Engenharia Química. Consiste, portanto, em um campo de trabalho multidisciplinar que passou a ser considerado altamente prioritário há relativamente pouco tempo, embora processos biotecnológicos sejam utilizados na produção de vários bens desde a mais remota antiguidade. Mais recentemente, esses processos têm sido aplicados industrialmente para a produção de energia na forma de biocombustíveis e derivados. Biorreatores consistem em reatores nos quais esses processos ocorrem e seu conhecimento e capacidade de análise e operação devem fazer parte das atribuições do Engenheiro de Energia.

**VI. EMENTA**

Conceitos fundamentais em cinética química. Fundamentos das reações enzimáticas em fase homogênea e heterogênea. Biocatálise orgânica. Cinética de enzimas alostéricas. Termodinâmica das reações químicas. Mecanismo de biorreação. Teoria das taxas de reação. Projeto de biorreatores, scale up, reatores em batelada, reatores contínuos com e sem reciclo, reatores semicontínuos e reatores sequenciais. Reatores industriais.

**VII. OBJETIVOS**

**Objetivo Geral:**

Aplicar os conhecimentos básicos de tecnologias de biorreatores para analisar, operar e otimizar processos biotecnológicos aplicáveis à produção de produtos energéticos (biocombustíveis e coprodutos).

**Objetivos Específicos:**

Para alcançar os objetivo geral, é esperado do aluno:

- Ser capaz de descrever um processo biotecnológico genérico;
- Conhecer as potencialidades de aplicação industrial de processos biotecnológicos na área de energia;
- Conhecer os fundamentos de cinética química;
- Conhecer os principais tipos de biorreatores industriais, suas potencialidades e aplicações;
- Conhecer os parâmetros, as equações e as etapas de projeto dos principais tipos de biorreatores industriais.

## VIII. CONTEÚDO PROGRAMÁTICO

### Conteúdo Teórico:

- 1) Introdução
  - Processos químicos e engenharia de reações químicas;
  - Processos biotecnológicos (bioprocessos).
- 2) Cinética química:
  - Introdução;
  - Fatores que afetam a velocidade de reações químicas;
  - Classificação das reações químicas;
  - Definição de velocidade ou taxa de reação química;
  - Lei de velocidade ou equação de taxa e seus parâmetros;
  - Mecanismos de reações químicas elementares, não elementares e múltiplas;
  - Modelos teóricos para cinética química;
  - Cinética de reações homogêneas:
    - Tipos de reatores simples;
  - Obtenção e interpretação de dados obtidos de reatores batelada - Método integral de análise.
  - Dependência da taxa de reação com relação à temperatura (Lei de Arrhenius).
- 3) Introdução ao projeto de reatores:
  - Balanços molares;
  - Conversão e dimensionamento de reatores;
    - Definição de conversão;
    - Equações de projeto de reatores em termos de conversão;
    - Aplicações equações de projeto para reatores com escoamento contínuo;
    - Reatores em série;
  - Leis de velocidade e estequiometria.
- 4) Bioprocessos:
  - Processos fermentativos.
  - Processos enzimáticos.
- 5) Biorreatores:
  - Tipos e classificação: reações em fases homogênea e heterogênea;
  - Parâmetros de operação;
  - Projeto e variação de escala;
  - Formas de conduzir um processo fermentativo: processos descontínuo, semicontínuo, descontínuo alimentado e contínuo;
  - Processos à jusante do biorreator: recuperação e purificação de produtos.
- 6) Biorreatores industriais
  - Aplicações na área de energia.

**Conteúdo Prático:** Não se aplica.

## IX. METODOLOGIA DE ENSINO / DESENVOLVIMENTO DO PROGRAMA

O processo de ensino/aprendizagem será composto por:

- 1) Aulas teóricas com utilização de quadro e recursos áudio visuais;
- 2) Atividades dirigidas em sala de aula ou extraclasse (seminários individuais ou em grupo, elaboração de trabalhos escritos, resolução de listas de exercícios, estudo de tópico para apresentação ou arguição oral em sala de aula, palestras, entre outras). As atividades dirigidas serão realizadas em data/prazo devidamente acordado. Visita(s) técnica(s) de estudos a empresas do setor de energia prevista(s) em outra(s) disciplina(s) poderá(ão) ser incorporada(s) ao cronograma desta disciplina por apresentar(em) interesses comuns no âmbito de seus conteúdos.

A plataforma Moodle-UFSC será o principal canal de comunicação entre professora e alunos. Todo o material didático e de apoio será postado no ambiente da disciplina no Moodle ou, alternativamente, enviado por e-mail ou disponibilizado na forma impressa quando necessário.

**Observação:** A professora estará disponível para atendimento aos alunos em sua sala nos seguintes dias da semana, horário e local: sexta-feira, 14h20min às 16h00min, Unidade Jardim das Avenidas, Bloco C2, Sala 115.

## X. METODOLOGIA E INSTRUMENTOS DE AVALIAÇÃO

- A verificação do rendimento compreenderá **frequência e aproveitamento** nos estudos, os quais deverão ser atingidos conjuntamente. Será obrigatória a frequência às atividades correspondentes a cada disciplina, ficando nela reprovado o aluno que não comparecer no mínimo a 75% das mesmas.
- A nota mínima para aprovação na disciplina será 6,0 (seis). ( Art. 69 e 72 da Res. nº 17/CUn/1997).
- Avaliações: Serão realizadas atividades individuais ou em grupo (pelo menos 1 (uma) atividade com nota) e 2 (duas) avaliações individuais escritas (AE1 e AE2) ao longo do semestre.
- Cada avaliação receberá nota entre zero (0) e dez (10).
- A média aritmética simples das notas obtidas nas atividades individuais ou em grupo (MA) terá peso 2 (dois) e média aritmética simples das notas obtidas nas avaliações individuais escritas (AE) terá peso 4 (quatro) no cálculo da média final das avaliações (MF) da disciplina:

$$MF = \frac{(MA) * 2 + (AE) * 4}{6}$$

- O aluno com frequência suficiente (FS) e com média das notas das avaliações do semestre (MF) entre 3,0 e 5,5 terá direito a uma nova avaliação no final do semestre (REC), exceto as atividades constantes no art.70,§ 2º. A nota final (NF) será calculada por meio da média aritmética entre a média das notas das avaliações parciais (MF) e a nota obtida na nova avaliação (REC). (Art. 70 e 71 da Res. nº 17/CUn/1997).

$$NF = \frac{MF + REC}{2}$$

- As avaliações poderão conter questões objetivas, objetivas mistas e dissertativas.
- Ao aluno que não comparecer às avaliações ou não apresentar trabalhos no prazo estabelecido será atribuída nota 0 (zero). (Art. 70, § 4º da Res. nº 17/CUn/1997).

### Pedido de Nova Avaliação - Art. 74 da Res. nº 17/CUn/97

- O pedido de nova avaliação poderá ocorrer somente em casos em que o aluno, por motivo de força maior e plenamente justificado, deixar de realizar avaliações previstas no plano de ensino. O aluno deverá formalizar pedido de nova avaliação na Secretaria Acadêmica, ao chefe do Departamento de Energia e Sustentabilidade, dentro do prazo de 3 dias úteis, apresentando comprovação do motivo que o impediu de realizar a avaliação na data regular.
- A nova avaliação ocorrerá na última semana do semestre letivo, conforme calendário acadêmico e cronograma a seguir.

### Avaliação de Recuperação

- A avaliação de recuperação (REC) abrangerá todo o conteúdo da disciplina e será realizada na última semana do semestre letivo, conforme calendário acadêmico e cronograma a seguir.

## XI. CRONOGRAMA PREVISTO

SEMANA	DATA	ASSUNTO
1ª	06/03/17 a 11/03/17	Apresentação do plano de ensino. 1) Introdução. Processos químicos e engenharia de reações químicas. Processos biotecnológicos (bioprocessos). 2) Cinética química: Introdução. Fatores que afetam a velocidade de reações químicas.
2ª	13/03/17 a 18/03/17	2) Cinética química: Classificação das reações químicas; Definição de velocidade ou taxa de reação química; Lei de velocidade ou equação de taxa e seus parâmetros; Mecanismos de reações químicas elementares, não elementares e múltiplas; Modelos teóricos para cinética química.
3ª	20/03/17 a 25/03/17	2) Cinética química: Cinética de reações homogêneas - Tipos de reatores simples. Obtenção e interpretação de dados obtidos de reatores batelada - Método integral de análise.
4ª	27/03/17 a 01/04/17	2) Cinética química: Obtenção e interpretação de dados obtidos de reatores batelada - Método integral de análise; Dependência da taxa de reação com relação à temperatura (Lei de Arrhenius). ATIVIDADE.
5ª	03/04/17 a 08/04/17	3) Introdução ao projeto de reatores: Balanços molares.

6ª	10/04/17 a 15/04/17	3) Introdução ao projeto de reatores: Conversão e dimensionamento de reatores - Definição de conversão; Equações de projeto de reatores em termos de conversão. 14/04/2017 (sex): Feriado.
7ª	17/04/17 a 22/04/17	3) Introdução ao projeto de reatores: Conversão e dimensionamento de reatores - Aplicação das equações de projeto para reatores com escoamento contínuo. 21/04/2017 (sex): Feriado.
8ª	24/04/17 a 29/04/17	3) Introdução ao projeto de reatores: Reatores em série; Leis de velocidade e estequiometria. ATIVIDADE.
9ª	01/05/17 a 06/05/17	<b>AVALIAÇÃO ESCRITA 1 (AE1).</b>
10ª	08/05/17 a 13/05/17	4) Bioprocessos: Processos fermentativos - Introdução; Produção de biomassa; Processos enzimáticos.
11ª	15/05/17 a 20/05/17	5) Biorreatores: Tipos; Classificação: Reações em fases homogênea e heterogênea.
12ª	22/05/17 a 27/05/17	5) Biorreatores: Formas de conduzir um processo fermentativo - descontínuo, semicontínuo, descontínuo alimentado, contínuo.
13ª	29/05/17 a 03/06/17	5) Biorreatores: Projeto, parâmetros de operação e variação de escala; Processos à jusante do biorreator: recuperação e purificação de produtos.
14ª	05/06/17 a 10/06/17	<b>AVALIAÇÃO ESCRITA 2 (AE2).</b>
15ª	12/06/17 a 17/06/17	6) Reatores industriais: aplicações na área de energia. ATIVIDADE.
16ª	19/06/17 a 24/06/17	6) Reatores industriais: aplicações na área de energia. ATIVIDADE.
17ª	26/06/17 a 01/07/17	6) Reatores industriais: aplicações na área de energia. ATIVIDADE. Divulgação de notas.
18ª	03/07/17 a 08/07/17	<b>NOVA AVALIAÇÃO E AVALIAÇÃO DE RECUPERAÇÃO.</b> Divulgação de notas finais.

#### XII. Feriados e dias não letivos previstos para o semestre 2017.1

DATA	
03/04/17 (seg)	Aniversário de Araranguá
14/04/17 (sex)	Paixão de Cristo
15/04/17 (sab)	Dia não letivo
16/04/17 (dom)	Páscoa
21/04/17 (sex)	Tiradentes
22/04/17 (sab)	Dia não Letivo
01/05/17 (seg)	Dia do Trabalhador
04/05/17 (qui)	Dia da Padroeira de Araranguá
15/06/17 (qui)	Corpus Christi

#### XIII. BIBLIOGRAFIA BÁSICA

- 1 FOGLER, H.S. **Elementos de Engenharia das Reações Químicas**. 4. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2009. 853p.
- 2 SCHMIDELL, W.; LIMA, U.A.; AQUARONE, E.; BORZANI, W. (Coords.). **Biotecnologia industrial: Engenharia Bioquímica**, Vol. 2, Sao Paulo: Edgard Blucher, 2001.
- 3 LIMA, U.A.; AQUARONE, E.; BORZANI, W.; SCHMIDELL, W.; (Coords.). **Biotecnologia industrial: Processos Fermentativos e Enzimáticos**, Vol. 3, Sao Paulo: Edgard Blucher, 2002.

#### XIV. BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR

- 1 BNDES e CGEE (Org.). **Bioetanol de cana-de-açúcar: energia para o desenvolvimento sustentável**, Rio de Janeiro: BNDES, 2008. Disponível em: <<http://www.bioetanoldecana.org/pt/download/bioetanol.pdf>>. Acesso em: 3 mar 2015.
- 2 BORZANI, W.; SCHMIDELL, W.; LIMA, U.A.; AQUARONE, E.; (Coords.). **Biotecnologia industrial: Fundamentos**, Vol. 1, Sao Paulo: Edgard Blucher, 2001.
- 3 CORTEZ, L.A.B. **Bioetanol de cana-de-açúcar: P&D para produtividade e sustentabilidade**. 1. ed. São Paulo: Blucher, 2010. xxxviii, 954 p. ISBN 9788521205319.
- 4 HIMMELBLAU, D.M.; RIGGS, J.B. **Engenharia química: princípios e cálculos**. 7. ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 2006. 846p.
- 5 LEVENSPIEL, O. **Engenharia das reações químicas**. 3ª ed. Blücher, 2000, 563p.
- 6 SHULER, M.L.; KARGI, F. **Bioprocess engineering: basic concepts**. 2nd. ed. Upper Saddle River: Prentice Hall PTR, c2002.553p. (Chemical engineering series).

Professor(a): Elaine Virmond



**Prof. Elaine Virmond**  
SIAPE: 1824004  
Engenharia de energia  
UFSC Campus Araranguá

Aprovado pelo Departamento em \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_

Chefia de Departamento:

Aprovado pelo Colegiado do Curso em 09/03/17

Presidente do Colegiado:



**Prof. Dr. Luciano Lopes Pfitscher**  
Professor Adjunto  
SIAPE: 1775764  
UFSC Centro Araranguá