



# UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos  
Departamento de Engenharia de Alimentos

## ZEA0466 - Termodinâmica (Eng. Biosistemas) – 2017.

**Prof. Responsável:** Alessandra Lopes de Oliveira  
**E-mail:** alelopes@usp.br; **Fone:** 3565 4268  
Aulas às 2<sup>as</sup> e 3<sup>as</sup> feiras

**Objetivos da disciplina:** Introduzir o aluno nos conceitos de formas de energia e suas transformações (calor, trabalho, energia interna, entalpia, entropia), analisando as restrições (primeira e segunda leis) aos processos. O aluno deverá ser capaz de analisar tais processos através de balanços energéticos e fazer correlações entre grandezas utilizando o formalismo termodinâmico.

### Conteúdo:

O que é Termodinâmica?  
Variáveis de processo  
Tipos de sistemas  
Trabalho  
Calor  
Tipos de fronteiras nos sistemas  
Unidades e conversão  
A primeira lei da termodinâmica  
O experimento de Joule e a energia interna  
A 1ª lei da termodinâmica  
Estados termodinâmicos, fluxos de energia e funções de estado  
Equilíbrio e reversibilidade  
Aplicação da primeira lei aos sistemas fechados  
Aplicação da primeira lei aos sistemas abertos  
Propriedades volumétricas dos fluidos puros  
Comportamento PVT das substâncias puras  
O gás ideal  
O gás real  
Equações de estado  
A segunda lei da termodinâmica: conceitos  
Introdução e importância da 2ª lei da termodinâmica  
Enunciados da 2a lei

O ciclo de Carnot  
Entropia e a representação matemática da 2a lei da Termodinâmica  
Variação de entropia em processos ideais  
Balanço de entropia em sistemas abertos  
A rede termodinâmica  
Relações entre as propriedades termodinâmicas  
Energias livres de Helmholtz e de Gibbs  
Introdução ao Equilíbrio de Fases para substâncias puras  
Introdução aos ciclos de potência e de refrigeração  
Tipos de máquinas e utilizações mais comuns  
Introdução aos ciclos de potência  
Introdução aos ciclos de refrigeração

$$\text{Média Final} = \left( \frac{P_1 + P_2 + P_n}{n} \right) \text{ onde:}$$

P: nota da prova

### Bibliografia Básica:

ATKINS, P.W.; DE PAULA, J. **Físico-química**. 7ª ed.: LTC, Rio de Janeiro, 2003, vol. 1.  
ABBOTT, M.M., SMITH, J.M.; VAN NESS, H.C.; **Introdução à Termodinâmica da Engenharia Química**. 5ª. Ed.: LTC Editora, 2000.  
KORETSKY, M.D. **Termodinâmica da Engenharia Química**. LTC Editora, 2008.

### Bibliografia Complementar:

MORAN, M. J.; SHAPIRO, H. N. **Princípios de termodinâmica para engenharia**. 6ª Ed.: LTC Editora, 2011.  
MORAN, M. J.; SHAPIRO, H. N.; MUNSON, B.R.; DeWITT, D.P. **Introdução à Engenharia de Sistemas Térmicos**. 1ª. Ed.: LTC Editora, 2005.

**Programa:**

	<b>HORÁRIO</b>	<b>ASSUNTO</b>
<b>Março</b>		
06	8:00-10:00h	Semana de recepção de Calouros ( <b>Não haverá aula</b> )
07	8:00-10:00h	Semana de recepção de Calouros ( <b>Não haverá aula</b> )
13	8:00-10:00h	Apresentação
14	8:00-10:00h	Sistemas, propriedades, fases, estados, Lei Zero da Termodinâmica, escalas de temperatura.
20	8:00-10:00h	Sistemas, propriedades, fases, estados, Lei Zero da Termodinâmica, escalas de temperatura.
21	8:00-10:00h	Substâncias puras: propriedades e estados; comportamento PVT; fases e diagramas.
27	8:00-10:00h	Substâncias puras: propriedades e estados; comportamento PVT; fases e diagramas
28	8:00-10:00h	Substâncias puras: propriedades e estados; comportamento PVT; fases e diagramas
<b>Abril</b>		
03	8:00-10:00h	1ª Lei da Termodinâmica: calor, trabalho.
04	8:00-10:00h	1ª Lei da Termodinâmica: calor, trabalho.
10	8:00-10:00h	Semana Santa ( <b>Não haverá aula</b> )
11	8:00-10:00h	Semana Santa ( <b>Não haverá aula</b> )
17	8:00-10:00h	1ª Lei: Formulação para taxas, formulação para sistemas abertos, aplicações.
18	8:00-10:00h	1ª Lei: Formulação para taxas, formulação para sistemas abertos, aplicações.
24	8:00-10:00h	1ª Lei da Termodinâmica: entalpia, calor específico ( $C_v$ e $C_p$ ), formulação para taxas, formulação para sistemas abertos, aplicações
25	8:00-10:00h	Exercícios e Revisão
<b>Mai</b>		
01	8:00-10:00h	Dia do trabalho ( <b>Não haverá aula</b> )
02	8:00-10:00h	Exercícios e Revisão
<b>08</b>	<b>8:00-12:00h</b>	<b>Primeira Avaliação</b>
09	8:00-10:00h	2ª Lei: conceitos, enunciados, reversibilidade e irreversibilidade, ciclo de Carnot, entropia.
15	8:00-10:00h	2ª Lei: conceitos, enunciados, reversibilidade e irreversibilidade, ciclo de Carnot, entropia.
16	8:00-10:00h	2ª Lei: conceitos, enunciados, reversibilidade e irreversibilidade, ciclo de Carnot, entropia.
22	8:00-10:00h	2ª Lei: variação de entropia em processos (sistemas fechados e abertos), eficiências.
23	8:00-10:00h	2ª Lei: variação de entropia em processos (sistemas fechados e abertos), eficiências.
29	8:00-10:00h	Ciclos de potência/refrigeração: trabalho de eixo (processo reversível), ciclos fechados e ciclos abertos, ciclo Rankine (ideal e real), ciclo Brayton (ideal e real), demais ciclos.
30	8:00-10:00h	Ciclos de potência/refrigeração: trabalho de eixo (processo reversível), ciclos fechados e ciclos abertos, ciclo Rankine (ideal e real), ciclo Brayton (ideal e real), demais ciclos.
<b>Junho</b>		
05	8:00-10:00h	Ciclos de potência/refrigeração: trabalho de eixo (processo reversível), ciclos fechados e ciclos abertos, ciclo Rankine (ideal e real), ciclo Brayton (ideal e real), demais ciclos.
06	8:00-10:00h	2ª Lei: variação de entropia em processos (sistemas fechados e abertos), eficiências.
12	8:00-10:00h	2ª Lei: variação de entropia em processos (sistemas fechados e abertos), eficiências.
13	8:00-10:00h	Transformação de substâncias puras e misturas
19	8:00-10:00h	Transformação de substâncias puras e misturas
20	8:00-10:00h	Exercícios e Revisão
<b>26</b>	<b>8:00-12:00h</b>	<b>Segunda Avaliação</b>
27	8:00-10:00h	Revisão de Prova
<b>Julho</b>		
06	8:00-10:00h	Encerramento das aulas
07	8:00-10:00h	Encerramento das aulas

**OBS: Toda a ementa está incluída nos tópicos deste programa, portanto ATENÇÃO: Não confunda ementa com programa!**