



Universidade Federal de Santa Catarina  
Centro Tecnológico  
Departamento de Engenharia Mecânica



## PLANO DE ENSINO

Em caráter excepcional e transitório, para substituição de aulas presenciais por aulas em meios digitais, enquanto durar a pandemia do novo coronavírus – COVID-19, em atenção à Portaria MEC 344, de 16 de junho de 2020 e à Resolução 140/2020/CUn, de 24 de julho de 2020.

### EMC410028 – Fundamentos da Termodinâmica

#### 1) Identificação

Carga horária: 30 horas-aula, das quais: Teóricas: 30 horas-aula.

Turma(s): Turmas

Nome do(s) professor: Júlio César Passos, Email: julio.passos@ufsc.br

#### 2) Cursos

Curso de Mestrado em Engenharia Mecânica

Curso de Mestrado em Engenharia Mecânica

#### 3) Requisitos

Nenhum.

#### 4) Ementa

Primeira lei para sistemas fechados e abertos. Formulações da primeira lei de: Poincaré, Carathéodory e de Keenan e Shapiro. Aspectos históricos sobre a primeira lei. Segunda lei da termodinâmica para sistemas fechados. Ciclo de Carnot. Desigualdade de Clausius. Enunciados da 2ª lei: geral, de Clausius e de Kelvin-Planck. Escala termodinâmica de temperaturas. Segunda lei da termodinâmica para sistemas abertos. Equilíbrio local. Princípios de máxima entropia e mínima energia. Aspectos históricos sobre a primeira lei. Mecanismos de geração de entropia ou destruição de exergia. Trabalho disponível perdido. Teorema de Guoy-Stodola. Ciclos de máquinas térmicas, refrigeradores e bombas de calor. Minimização da geração de entropia. Número de geração de entropia. Sistemas monofásicos. Condições de equilíbrio. Relações fundamentais. Transformações de Legendre. Relações de Maxwell. Mistura de gases reais. Análise exergética. Aplicações. Geração de energia. Potência máxima sujeita à restrição de tamanho. Potência máxima de um fluxo quente. Irreversibilidades externas e internas. Plantas com sistemas avançados de potência de turbina a vapor. Plantas com sistemas avançados de potência de turbina a gás. Plantas com Sistema Combinado de potência com turbina a gás e a vapor. Sistemas de potência com energia solar. Propriedades termodinâmicas da radiação térmica. Processos reversíveis e irreversíveis. Conversão ideal da radiação de corpo negro em uma cavidade. Exergia contida na radiação de um corpo negro. Maximização da potência retirada por unidade de área de coletor. Coletores resfriados por convecção. Planta extraterrestre de geração solar. Refrigeração. Expansor de Joule-Thomson. Motor

de expansão. Ciclo Brayton. Resfriamento intermediário ótimo. Liquefação. Modelos de refrigeradores com transferência de irreversibilidades. Refrigeração magnética.

## 5) Objetivos

Geral:

Conhecer os fundamentos da termodinâmica como formação de base para as aplicações nas áreas de engenharia e ciências térmicas e energia.

Específicos:

Estudar os aspectos históricos das leis da termodinâmica. Primeira lei e segunda lei para sistemas abertos e fechados. Combinação dessas leis. Geração de entropia. Teorema de Gouy-Stodola.. Processos irreversíveis. Relações fundamentais. Transformações de Legendre. Relações de Maxwell. Análise exergética. Mudança defase.

## 6) Conteúdo Programático

6.1. Introdução. (1h)

6.2 Primeira e segunda leis para sistemas fechados. (2 h)

6.3. Primeira e segunda leis para sistemas abertos. (2 h)

6.4 Aspectos históricos sobre a primeira e a segunda leis. (1 h)

6.5. Mecanismos de geração de entropia ou destruição de exergia. (3 h)

6.6 Ciclos de máquinas térmicas, refrigeradores e bombas de calor. (3 h)

6.7 Minimização da geração de entropia. (3 h)

6.8 Sistemas monofásicos. (3 h)

6.9 Condições de equilíbrio. Relações fundamentais. Transformações de Legendre. Relações de Maxwell. (4 h)

6.10 Análise exergética. Aplicações. (2 h)

6.11. Sistemas de potência com energia solar. (1 h)

6.12 Refrigeração (1h)

## 7) Metodologia

Os aspectos teóricos da disciplina serão abordados ao longo do semestre com **ferramentas síncronas**, em aulas expositivas, assim como com **ferramentas assíncronas**, através de leitura dos arquivos em PowerPoint que o docente já disponibilizou no MOODLE, além de artigos e textos sobre a primeira e a segunda lei da termodinâmica, artigo sobre entropia e vídeos de algumas aulas.

## 8) Avaliação

Duas provas (P1 e P2). As provas P1 e P2 terão pesos 3 e 5, respectivamente. As listas de exercício 1 e 2 (LE1 e LE2) terão peso 1, cada. Média final M,  $M = \frac{\text{soma das 4 notas}}{\text{soma dos pesos}}$ .

As avaliações serão online, sem supervisão e ocorrerão em dias a serem definidos com os alunos, em encontro remoto. As questões estarão disponíveis às 08:00 h e as respostas, na forma de um texto escaneado, ou fotografado, deverão ser entregues no MOODLE (por upload) até às 10 h. Espera-se que o aluno trabalhe individualmente na solução dos problemas da avaliação, com a consulta livre ao material disponibilizado do MOODLE. As listas de exercícios devem ser o resultado de trabalho e esforço individuais.

## 9) Cronograma

1. As **aulas síncronas** serão realizadas nas terças-feiras e quintas-feiras, entre 9:00 e 10:00 h.
2. As duas **avaliações** serão realizadas em datas nas seguintes datas: 28/08 e 30/09.
3. As listas de exercícios deverão ser entregues nas seguintes datas: Lista 1, 28/08; Lista 2, 30/09

## 10) Bibliografia Básica

Arquivos em PowerPoint disponíveis no MOODLE.

Os livros de autoria de Bejan (2006), Çengel e Boles (2006) e Sonntag, Borgnakke and Van Wylen (1998), (este na versão em português) estão fisicamente disponíveis na Biblioteca Universitária, porém não a versão digital.

## 11) Bibliografia Complementar

- BEJAN, A., Advanced Engineering Thermodynamics, John Wiley & Sons, 2006. (Capítulos 1-6) –
- CALLEN, H.B., Thermodynamics and Thermostatistics, John Wiley & Sons, 1985.
- Çengel, Y.A., Boles, M.A., Termodinâmica, McGraw Hill, 5ª ed., São Paulo, 2006.
- COLLE, S., Lições de Termodinâmica, 2015.
- KONDEPUDI, D.; PRIGOGINE, I., Modern Thermodynamics: From Heat Engines to Dissipative Structures, John Wiley & Sons, 2nd ed., 2015.
- Moran, M.J.; Shapiro, H.N., Fundamentals of Engineering Thermodynamics, John Wiley & Sons, 5th ed., 2004.
- Sonntag, R.E.; Borgnakke, C.; Van Wyllen, G.J., Fundamentals of Thermodynamics, John Wiley & Sons, 5th ed., 1998.

Artigos sobre história da termodinâmica (disponíveis no Moodle)

- Bejan, A., 1988, Research into the origins of the engineering thermodynamics, Int. Comm. Heat Mass Transfer, Vol. 15, pp. 571-580, Pergamon Press.
- Passos, J.C., 2009, Os experimentos de Joule e a primeira lei da termodinâmica, Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 31, n. 3, 3603-1 a 3603-8.

- Passos, J.C., 2003, Revista de Ensino de Engenharia, ABENGE, v. 22, 25-34.
- Peixoto, J.P., 1994, Entropia, textos I e II, Textos escolares universitários, Universidade do Algarve, Faro, Portugal.

[Entropia, textos de autoria do Prof. José Pinto PeixotoArquivo](#)