



# UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

## Faculdade de Engenharia Mecânica

Rodovia BR 050, KM 78, Bloco 1D, 2º andar - Bairro Glória, Uberlândia-MG, CEP 38400-902  
Telefone: (34) 2512-6779/6778 - www.mecanica.ufu.br - femec@mecanica.ufu.br



### PLANO DE ENSINO

#### 1. IDENTIFICAÇÃO

|                        |                                                                                                                                                                                          |          |                |        |                                                                |               |        |           |       |  |
|------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|----------------|--------|----------------------------------------------------------------|---------------|--------|-----------|-------|--|
| Componente Curricular: | SISTEMAS TÉRMICOS                                                                                                                                                                        |          |                |        |                                                                |               |        |           |       |  |
| Unidade Ofertante:     | FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA – FEMEC                                                                                                                                                 |          |                |        |                                                                |               |        |           |       |  |
| Código:                | FEMEC41063                                                                                                                                                                               |          | Período/Série: |        | 6º Eng. Mecânica<br>6º Eng. Aeronáutica<br>xº Eng. Mecatrônica |               | Turma: |           | U     |  |
| Carga Horária:         |                                                                                                                                                                                          |          |                |        |                                                                | Natureza:     |        |           |       |  |
| Teórica:               | 70                                                                                                                                                                                       | Prática: | 0              | Total: | 70                                                             | Obrigatória:  |        | Optativa: | ( X ) |  |
| Professor(A):          | SOLIDÔNIO RODRIGUES DE CARVALHO                                                                                                                                                          |          |                |        |                                                                | Ano/Semestre: |        | 2025/02   |       |  |
| Observações:           | Disciplina ministrada de forma presencial no âmbito do ensino da Graduação em Engenharia Mecânica na Universidade Federal de Uberlândia.<br><br><b>Quantidade de vagas ofertadas: 72</b> |          |                |        |                                                                |               |        |           |       |  |

#### 2. EMENTA

Estudo do ciclo de Carnot; Estudo de ciclos de potência com uso de vapor de água (Ciclo Rankine), métodos de otimização; Estudos de ciclos de potência a ar (Ciclos Otto, Diesel e Brayton), Ciclos de refrigeração, otimização, simulação; Ciclos reais; Estudo sobre combustíveis e combustão; Simulações numéricas e computacionais de ciclos teóricos e reais.

#### 3. JUSTIFICATIVA

Apresentar noções sobre ciclos térmicos de potência a gás e a vapor bem como processos de refrigeração. Demonstrar o uso de técnicas computacionais para cálculos de processos de combustão com aplicações em máquinas e sistemas térmicos.

#### 4. OBJETIVO

##### Objetivo Geral:

Aplicar as equações de conservação da energia, massa e entropia para analisar o rendimento dos ciclos térmicos de potência e refrigeração em uso na indústria, analisando as formas de otimização e aumento de rendimento a problemas de operação.

##### Objetivos Específicos:

Estudo de ciclos térmicos, combustíveis e combustão; Otimização e simulação de ciclos teóricos e reais por meio de softwares específicos para tal finalidade.

#### 5. PROGRAMA

##### 1. APRESENTAÇÃO DA DISCIPLINA

- 1.1. Objetivo geral da disciplina
- 1.2. Bibliografia consultada
- 1.3. Sistema de avaliação

##### 2. CICLOS TÉRMICOS

- 2.1. Instalação térmica
- 2.2. Considerações sobre o segundo princípio da termodinâmica

2.3. Reversibilidade e irreversibilidade

2.4. Rendimento térmico de um ciclo

### 3. CICLO DE CARNOT

3.1. Idealização de Carnot

3.2. Componentes de operação do ciclo

3.3. Transformações termodinâmicas

3.4. Diagrama (T-S) e (P-h)

3.5. Calor, trabalho

3.6. Rendimento térmico do ciclo de Carnot

3.7. Exercício de aplicação

### 4. CICLO DE RANKINE

4.1. Transformações termodinâmicas nos equipamentos

4.2. Transformações reversíveis e irreversíveis na turbina, bomba e tubulações

4.3. Comparação entre o ciclo de Carnot e o de Rankine

4.4. Maneiras de aumentar o rendimento do ciclo de Rankine

4.5. Exercício de aplicação

### 5. CICLO COM REAQUECIMENTO DO VAPOR

5.1. Considerações sobre a necessidade do reaquecimento nos casos reais

5.2. Equipamentos de operação, transformações termodinâmicas e rendimento térmico

### 6. CICLO REGENERATIVO

6.1. Ciclo regenerativo ideal. Transformações termodinâmicas. Impossibilidade na prática

6.2. Ciclo regenerativo na prática. Aquecedores de mistura e de superfície

6.3. Drenagem do condensado nos aquecedores de superfície

6.4. Purgadores

6.5. Aplicação de um ciclo regenerativo com aquecedores de mistura e de superfície

6.6. Exercícios e aplicação

### 7. CICLOS A GÁS

7.1. Ciclo Joule com regeneração e pre-aquecimento, métodos de otimização, usos e características técnicas

7.2. Simulação de operação

7.3. Projeto de sistemas de absorção.

### 8. CICLOS DE REFRIGERAÇÃO A VAPOR

8.1. Ciclos frigoríficos de compressão à vapor

8.2. Ciclos de compressão ideal e irreversível

8.3. Coeficiente de performance

8.4. Fluidos e trabalho para sistemas de compressão, “retrofitting”, substituição de fluidos

8.5. Afastamento do ciclo real, de compressão em relação ao ciclo ideal

8.6. Ciclo frigorífico de absorção (Amônia e outros fluidos), obtenção de coeficiente de performance, projeto, simulação

8.7. Exercícios e aplicação

### 9. AULAS PRÁTICAS INSERIDAS AO LONGO DO CURSO

9.1. Visita à indústrias que sejam produtores de potência via uso do ciclo de Rankine ou Joule

9.2. Ensaio de sistema de refrigeração por compressão de vapor. Determinação de curvas de operação do compressor para diferentes temperaturas de evaporação e condensação

9.3. Determinação do poder calorífico de combustíveis líquidos e sólidos

9.4. Análise de gases de combustão, com aquecedor de água operando com combustível líquido.

9.5. Fazer cálculos estequiométricos e medições experimentais

**Tabela 1 - Cronograma de atividades**

| Item | Conteúdo | Aulas | Outubro | Novembro | Dezembro | Fevereiro | Março |
|------|----------|-------|---------|----------|----------|-----------|-------|
|------|----------|-------|---------|----------|----------|-----------|-------|

|                             |                                                                                  |    |       |              |                     |              |    |
|-----------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|----|-------|--------------|---------------------|--------------|----|
| 1                           | Apresentação da Disciplina                                                       | 02 | 23    |              |                     |              |    |
| 2                           | Ciclos Térmicos: introdução                                                      | 04 | 24,30 |              |                     |              |    |
| 3                           | Ciclo de Carnot e Introdução ao EES e MatLab                                     | 04 | 31    | 06           |                     |              |    |
| 4,5 e 6                     | Ciclo de Rankine básico, com reaquecimento e regenerativo                        | 08 |       | 07,13, 21,27 |                     |              |    |
| Avaliação                   | Prova 01 – Itens 1 a 6                                                           | 02 |       | 28           |                     |              |    |
| 7                           | Ciclos a gás                                                                     | 14 |       |              | 04,05,11, 12,18,19, | 05           |    |
| Avaliação                   | Prova 02 – Itens 1 a 7                                                           | 02 |       |              |                     | 06           |    |
| 8                           | Ciclos de refrigeração                                                           | 04 |       |              |                     | 12,13        |    |
| 9                           | Aulas práticas                                                                   | 08 |       |              |                     | 19,20, 26,27 |    |
| Avaliação                   | Prova 03 – Itens 1 a 9                                                           | 02 |       |              |                     |              | 06 |
| Avaliação de recuperação    | Avaliação de recuperação – Itens 1 a 9: Substitui a menor nota dentre as provas. | 02 |       |              |                     |              | 12 |
| Total de horas presenciais  |                                                                                  | 52 |       |              |                     |              |    |
| Total de horas assíncronas* |                                                                                  | 18 |       |              |                     |              |    |
| Total geral                 |                                                                                  | 70 |       |              |                     |              |    |

\* complemento de carga-horária cumprida presencialmente: exercícios e atividades online na plataforma Microsoft Teams.

## 6. METODOLOGIA

A disciplina será ministrada através de aulas presenciais. Nessas aulas, terá papel primordial a discussão e resolução de problemas, sobretudo os de natureza interdisciplinar. No decorrer das aulas os alunos serão estimulados a resolver problemas, em pequenos grupos ou individualmente. O professor se encarregará de produzir listas de exercícios para os alunos praticarem os conhecimentos adquiridos durante o curso.

### MATERIAL MULTIMÍDIA E COMPLEMENTAR ASSOCIADO AOS CONTEÚDOS TEÓRICOS PREVISTOS NA DISCIPLINA A SEREM PROVIDOS PELO PROFESSOR:

- Notas de aulas;
- Slides;
- Vídeos Tutoriais;
- Referências bibliográficas;

A disciplina será ministrada através de aulas presenciais. Nessas aulas, terá papel primordial a discussão e resolução de problemas, sobretudo os de natureza interdisciplinar. No decorrer das aulas os alunos serão estimulados a resolver problemas, em pequenos grupos ou individualmente. O professor se encarregará de produzir listas de exercícios para os alunos praticarem os conhecimentos adquiridos durante o curso.

## 7. AVALIAÇÃO

|                         | Quantidade | Valor Individual | Valor Total |
|-------------------------|------------|------------------|-------------|
| Provas a)               | 3          | 30               | 90          |
| Exercícios propostos b) | 10         | 1                | 10          |
|                         |            | <b>Total</b>     | <b>100</b>  |

**Avaliação P1: Itens de 1 a 6 // Avaliação P2 e P3: Itens de 1 a 9**

**Uma avaliação de recuperação no valor de 30 pontos será aplicada exclusivamente aos reprovados. Ela substituirá a menor nota dentre aquelas obtidas nas 3 provas e irá conter itens de 1 a 9 do cronograma de atividades.**

- a) O professor fará a apresentação do problema, posteriormente, os alunos (em duplas) vão formular a solução para o problema proposto. As duplas terão 100 min para fazer cada prova.
- b) Atividades propostas durante as aulas;

## 8. BIBLIOGRAFIA

### Básica

VAN WYLEN, G.J., 1998, "Fundamentos da Termodinâmica Clássica, Edgard Blucher, 4ªEd., São paulo, Bras  
CENGEL, Y.A., BOLES, M.A. 2007 "Termodinâmica" Editora Mc Graw Hill, 5ª Ed. Brasil.  
Moran, M. J., Shapiro, H. N., Munson, B. R., DeWitt, D.P., " Introdução à engenharia de sistemas té  
termodinâmica, mecânica dos fluidos e transferência de calor", LTC, 2005, Rio de Janeiro, Brasil.

### Complementar

MORAN, M.J., SHAPIRO, H.N. 2002 "Princípios de Termodinâmica para Engenharia", LTC Editora. 4ª.Edição.  
Chapman, S. J., "Programação em MATLAB para Engenheiros", 2ª Edição, Editora Thomson, 2003.  
Klein, S. A., "EES - Engineering Equation Solver", F-Chart Software, 1992.  
HAYWOOD, R. W., 1975, "Analysis of Engineering Cycles", Pergamon Press, 2ªEd., USA.  
EASTOP, T.D., MCCONKEY, A , "Applied Thermodynamic for Engineering Technologist", Longmans, Green Ltd, USA.

## 9. APROVAÇÃO

Aprovado em reunião do Colegiado realizada em: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

Coordenação do Curso de Graduação: \_\_\_\_\_



Documento assinado eletronicamente por **Solidonio Rodrigues de Carvalho, Professor(a) do Magistério Superior**, em 27/10/2025, às 11:08, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [https://www.sei.ufu.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](https://www.sei.ufu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **6802931** e o código CRC **BDAE19F1**.