



### Engenharia Mecânica

Licenciatura, 1º Ciclo

Plano: Despacho nº 14312/2015 - 02/12/2015

### Ficha da Unidade Curricular: Máquinas Térmicas

ECTS: 5; Horas - Totais: 135.0, Contacto e Tipologia, TP:30.0; P:30.0; OT:3.0;

Ano|Semestre: 3|S1; Ramo: Tronco Comum;

Tipo: Optativa; Interação: Presencial; Código: 912331

Área Científica: Engenharia Mecânica

### Docente Responsável

Flávio Rodrigues Fernandes Chaves

### Docente e horas de contacto

Flávio Rodrigues Fernandes Chaves

Professor Adjunto, TP: 30; P: 30; OT: 3;

### Objetivos de Aprendizagem

O aluno deve ter formação técnica adequada sobre o modo de funcionamento dos motores alternativos. Também sobre projeto e conceção de máquinas térmicas: parâmetros de dimensionamento, construção, desempenho e o seu impacto na produção de energia, emissão de poluentes, consumo de combustível, etc.

### Conteúdos Programáticos

1. Sistemas e Ciclos Termodinâmicos
2. Tipos de motores alternativos e sua operação
3. Atrito no motor e lubrificação
4. Refrigeração nos motores
5. Parâmetros de projeto e operação dos motores alternativos
6. Termoquímica das misturas ar-combustível
7. Prop. dos fluidos de trabalho
8. Modelos ideais dos ciclos do motor
9. Processos de troca de gás
10. Formação e controlo de poluentes
11. Caract. de operação

### Conteúdos Programáticos (detalhado)

1. Tipos de motores alternativos e sua operação (6 horas)
  - 1.1. Classificação dos motores
  - 1.2. Ciclos de operação dos motores
  - 1.3. Componentes dos motores
  - 1.4. Operação do motor de ignição comandada
  - 1.5. Exemplos de motores de ignição comandada
  - 1.6. Operação do motor de ignição por compressão
  - 1.7. Exemplos de motores de ignição por compressão
  - 1.8. Motores de carga estratificada
2. Atrito no motor e lubrificação (2 horas)
  - 2.1. Considerações preliminares

- 2.1. Definições
- 2.2. Fundamentos de atrito
- 2.3. Métodos de medida
- 2.4. Dados de atrito dos motores
- 2.5. Componentes dos motores sujeitos ao atrito: testes de acionamento do motor, bombagem, êmbolo, chumaceiras da cambota, trem das válvulas
- 2.6. Lubrificação: sistemas e requisitos
  
3. Refrigeração nos motores (2 horas)
  - 3.1. Importância da refrigeração
  - 3.2. Modos de transferência de calor
  - 3.3. Sistemas de refrigeração
  - 3.4. Medição das taxas instantâneas de transferência de calor
  - 3.5. Carga térmica e temperatura dos componentes
  
4. Parâmetros de projeto e operação dos motores alternativos (12 horas)
  - 4.1. Características importantes dos motores alternativos.
  - 4.2. Propriedades geométricas dos motores alternativos.
  - 4.3. Binário e potência ao freio.
  - 4.4. Trabalho indicado por ciclo.
  - 4.5. Rendimento mecânico.
  - 4.6. Potência resistente de rolamento em estrada.
  - 4.7. Pressão média efetiva.
  - 4.8. Consumo específico de combustível e rendimento.
  - 4.9. Relações ar-combustível e combustível-ar.
  - 4.10. Rendimento volumétrico.
  - 4.11. Peso específico e volume específico de um motor
  - 4.12. Fatores de correção para potência e rendimento volumétrico
  - 4.13. Emissões específicas e índice de emissões
  - 4.14. Dados de projeto e desempenho de motores
5. Termoquímica das misturas ar-combustível (8 horas)
  - 5.1. Caracterização das chamas
  - 5.2. Modelo do gás ideal
  - 5.3. Composição do ar e dos combustíveis
  - 5.4. Combustão estequiométrica
  - 5.5. Primeira lei da termodinâmica e a combustão: balanços de energia e entalpia, entalpias de formação, poderes caloríficos, processos de combustão adiabática e rendimento da combustão de um motor de combustão interna
  - 5.6. Segunda lei da termodinâmica aplicada à combustão: entropia, trabalho e rendimento máximo para um motor de combustão interna
  - 5.7. Misturas de gases quimicamente reativas: equilíbrio químico e taxas de reação química
6. Propriedades dos fluidos de trabalho (4 horas)
  - 6.1. Introdução
  - 6.2. Composição da mistura não queimada
  - 6.3. Relações das propriedades do gás
  - 6.4. Modelo analítico simples de gás ideal
  - 6.5. Cartas termodinâmicas e tabelas de propriedades e composição
  - 6.6. Composição dos gases de escape: concentração das espécies químicas, riqueza da mistura e efeitos da não uniformidade na mistura ar-combustível
7. Modelos ideais dos ciclos do motor (4 horas)
  - 7.1. Introdução
  - 7.2. Modelos ideais dos processos do motor
  - 7.3. Relações termodinâmicas dos processos do motor

- 7.4. Análise de ciclos com gás ideal como fluido de trabalho, com  $c_v$  e  $c_p$  constantes: a volume constante, pressão limitada e pressão constante e comparação dos ciclos
- 7.5. Análise de ciclos ar-combustível: simulação de ciclos de motores de ignição comandada, de ignição por compressão e resultados do cálculo de ciclos
- 7.6. Ciclos sobreexpandidos de motores
- 7.7. Análise energética de processos de motores
- 7.8. Comparação com ciclos de motores reais
- 8. Processos de troca de gás (2 horas)
  - 8.1. Combustão nos motores de ignição comandada: análise termodinâmica, estrutura e velocidade de chama, variações cíclicas na combustão, queima parcial e falhas de ignição, fundamentos de ignição, sistemas de ignição convencionais, abordagens alternativas para a ignição, combustão anormal: batimento e ignição superficial
  - 8.2. Combustão nos motores de ignição por compressão: tipos de sistemas de combustão Diesel, modelo fenomenológico, análise dos dados de pressão no cilindro, comportamento dos sprays de combustível, atraso de ignição, combustão controlada por processos de mistura
- 9. Formação e controlo de poluentes (4 horas)
  - 9.1. Natureza e extensão do problema
  - 9.2. Óxidos de azoto: cinética de formação do NO, formação de NO<sub>2</sub>, formação de NO em motores de ignição comandada e formação de NO<sub>x</sub> em motores de ignição por compressão
  - 9.3. Monóxido de carbono
  - 9.4. Emissões de hidrocarbonetos não queimados: extinção de chama e fundamentos de oxidação
  - 9.5. Emissões de partículas: partículas em motores de ignição comandada, características de partículas em motores Diesel, distribuição das partículas dentro do cilindro, fundamentos de formação de fuligem, adsorção e condensação
- 10. Características de operação dos motores (6 horas)
  - 10.1. Parâmetros de desempenho dos motores
  - 10.2. Pressão média efetiva indicada e ao freio
  - 10.3. Variáveis de operação que influenciam o desempenho, rendimento e emissões de motores de ignição comandada: instante de ignição, composição da mistura, carga e velocidade, relação de compressão
  - 10.4. Projeto da câmara de combustão de motores de ignição comandada: objetivos e opções de projeto, fatores que controlam a combustão e o desempenho, requisito da câmara em índice de octano, estratégia de otimização da câmara
  - 10.5. Variáveis de operação que influenciam o desempenho, rendimento e emissões de motores de ignição por compressão: carga e velocidade, parâmetros de injeção do combustível, projeto de câmaras de combustão dos tipos: com rotação do ar admitido e de taça no êmbolo
  - 10.6. Desempenho de motores sobrealimentados e turboalimentados: motores do ciclo de 4 tempos de ignição comandada e ignição por compressão, motores do ciclo de 2 tempos de ignição comandada e ignição por compressão
  - 10.7. Sumário de desempenho do motor
- 11. Sistemas e Ciclos Termodinâmicos (10 horas)
  - 11.1. Ciclos de potência
  - 11.2. Ciclos a vapor e combinados
  - 11.3. Ciclos frigoríficos

### **Metodologias de avaliação**

A nota final de avaliação de conhecimentos na disciplina será calculada de acordo com a conclusão de dois trabalhos práticos, com apresentação oral de ambos.  $NF=T1+T2$

NF-Nota final (classificação de 0 a 20 valores)

T1 – Nota do trabalho 1 (0-10 valores); T2 – Nota do trabalho 2 (0-10 valores)

### **Software utilizado em aula**

Não Aplicável

**Estágio**

Não aplicável

**Bibliografia recomendada**

- Çengel, Y. e Boles, M. (2007). *Termodinâmica*. (Vol. .): McGraw Hill
- Heywood, J. (2014). *Internal Combustion Engine Fundamentals*. : McGraw-Hill

**Coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos**

Os conceitos sobre o funcionamento dos motores de combustão constantes dos conteúdos programáticos da unidade curricular são apresentados em detalhe nas aulas. Os vários aspetos do funcionamento dos motores e dos sistemas auxiliares são também analisados, como sejam os parâmetros de dimensionamento e construção, o desempenho dos motores, o seu impacto na produção de energia, a emissão de poluentes, o consumo de combustível, etc.

**Metodologias de ensino**

Aulas teórico-práticas onde se descrevem os princípios base. São resolvidos exercícios como forma de consolidação da matéria, que têm um caráter prático de aplicação da matéria dada.

**Coerência das metodologias de ensino com os objetivos**

Esta unidade curricular visa facultar aos estudantes os conceitos teóricos e práticos sobre o funcionamento dos motores alternativos. Neste sentido, é realizada uma exposição sistemática da informação de modo a facultar aos estudantes referenciais teóricos e instrumentos metodológicos das áreas em estudo. São apresentados casos particulares e são resolvidos problemas nas aulas, nos quais é estimulada a participação dos alunos.

**Língua de ensino**

Português

**Pré requisitos**

Conceitos básicos de termodinâmica, transmissão de calor, cinemática e química.

**Programas Opcionais recomendados**

Não Aplicável

**Observações**

---

**Docente Responsável**

**Flávio Chaves**

Assinado de forma digital por Flávio Chaves  
Dados: 2018.09.11 17:26:50 +01'00'

**Diretor de Curso, Comissão de Curso**



**Conselho Técnico-Científico**

