

<p><b>POLI</b>          ESCOLA SUPERIOR          TECNOLOGIA          GESTÃO  <b>TÉCNICO</b>  <b>GUARDA</b></p>	<p><b>GUIA DE FUNCIONAMENTO          DA UNIDADE CURRICULAR          (GFUC)</b></p>	<p><b>MODELO</b>          PED.008.03</p>
--	--	--

<i>Curso</i>	<b>Energia e Ambiente</b>						
<i>Unidade curricular (UC)</i>	<b>Termodinâmica</b>						
<i>Ano letivo</i>	2021/2022	<i>Ano</i>	1.º	<i>Período</i>	2.º semestre	<i>ECTS</i>	5,5
<i>Regime</i>	Obrigatório	<i>Tempo de trabalho (horas)</i>			Total: 154	Contacto: 60	
<i>Docente(s)</i>	Professor Doutor Jorge Gregório						
<input type="checkbox"/> <i>Responsável da UC ou</i> <input checked="" type="checkbox"/> <i>Coordenador(a) Área/Grupo Disciplinar</i> <input type="checkbox"/> <i>Regente (cf. situação de cada Escola)</i>	Professor Doutor Rui Pitarma						

**GFUC PREVISTO**

**1. OBJETIVOS DE APRENDIZAGEM**

A - Desenvolver uma compreensão intuitiva dos princípios básicos da Termodinâmica.

B - Habilitar os alunos a identificar corretamente os conceitos e a aplicar os princípios básicos da Termodinâmica, bem como usar a metodologia correta para resolver problemas que envolvam propriedades termodinâmicas.

Nomeadamente, os alunos obterão competências para:

- B1- Aplicar os princípios de conservação de massa, conservação de energia e de aumento de entropia;
- B2- Aplicar os balanços de massa, energia e entropia, a processos termodinâmicos e equipamentos correntes;
- B3- Interpretar e aplicar o conceito de eficiência;
- B4- Analisar o funcionamento básico de um motor em geral e de uma central termoelétrica em particular e determinar o seu rendimento térmico;
- B5- Utilizar o diagrama psicrométrico como ferramenta para determinar as propriedades do ar atmosférico.

**2. CONTEÚDOS PROGRAMÁTICOS**

**1. Conceitos fundamentais.**

- 1.1 Introdução;
- 1.2 Aplicações da termodinâmica;
- 1.3 Grandezas e sistemas de unidades;
- 1.4 Formas de energia;
- 1.5 Sistemas termodinâmicos;
- 1.6 Propriedades dos sistemas;

<p>POLI ESCOLA SUPERIOR TECNOLOGIA GESTÃO TÉCNICO GUARDA</p>	<p><b>GUIA DE FUNCIONAMENTO DA UNIDADE CURRICULAR</b> (GFUC)</p>	<p><b>MODELO</b> PED.008.03</p>
--	--	-------------------------------------

1.7 Estado e equilíbrio termodinâmico;

1.8 Processos e ciclos;

1.9 Pressão;

1.10 Temperatura e lei zero da termodinâmica.

## **2. Propriedades das substâncias.**

2.1 Introdução;

2.2 Fases das substâncias;

2.3 Processos de mudança de fase;

2.4 Diagramas de fases;

2.5 Superfícies pVT;

2.6 Tabelas de propriedades;

2.7 Equação de estado dos gases perfeitos;

2.8 Gases reais;

2.9 Outras equações de estado.

## **3. Primeira lei da termodinâmica.**

3.1 Introdução;

3.2 Calor;

3.3 Trabalho;

3.4 Princípio da conservação de energia;

3.5 Capacidades térmicas;

3.6 Análise termodinâmica de volumes de controlo;

3.7 Processos em regime permanente;

3.8 Processos de carga e descarga;

## **4. Segunda lei da termodinâmica.**

4.1 Introdução;

4.2 Irreversibilidades;

4.3 Máquinas térmicas;

4.4 Máquinas térmicas de Carnot;

4.5 Desigualdade de Clausius;

<p><b>POLI</b>  ESCOLA SUPERIOR  TECNOLOGIA  GESTÃO</p> <p><b>TÉCNICO</b>  <b>GUARDA</b></p>	<p><b>GUIA DE FUNCIONAMENTO  DA UNIDADE CURRICULAR</b>  (GFUC)</p>	<p><b>MODELO</b>  PED.008.03</p>
--	--	--------------------------------------

- 4.6 Entropia;
- 4.7 Princípio do aumento de entropia;
- 4.8 Diagramas de propriedades T-s;
- 4.9 Relações T-ds;
- 4.10 Trabalho de compressão;
- 4.11 Rendimento isentrópico.

### **5. Ciclos de motores térmicos.**

- 5.1 Generalidades;
- 5.2 Ciclo de Carnot;
- 5.3 Ciclo de Rankine e turbinas de vapor;
- 5.4 Ciclo de Brayton e Turbinas de gás;
- 5.5 Ciclo Otto;
- 5.6 Ciclo Diesel;
- 5.7 Ciclos combinados;
- 5.8 Outros Ciclos.

### **6. Psicrometria e ar húmido**

- 6.1 Introdução;
- 6.2 Misturas gasosas;
- 6.3 Humidade do ar;
- 6.4 Temperatura de orvalho;
- 6.5 Temperatura de saturação adiabática;
- 6.6 Diagrama psicrométrico;
- 6.7 Conforto e ar condicionado;
- 6.8 Transformações psicrométricas

### **3. DEMONSTRAÇÃO DA COERÊNCIA DOS CONTEÚDOS PROGRAMÁTICOS COM OS OBJETIVOS DA UC**

Os conceitos básicos ao nível da termodinâmica são lecionados ao longo de toda a unidade curricular com particular incidência no primeiro capítulo, no segundo capítulo apresentam-se as ferramentas essenciais para o manuseamento das propriedades termodinâmicas. No terceiro e quarto capítulo

<p><b>POLI</b>  ESCOLA SUPERIOR  TECNOLOGIA  GESTÃO</p> <p><b>TÉCNICO</b>  GUARDA</p>	<p><b>GUIA DE FUNCIONAMENTO  DA UNIDADE CURRICULAR</b></p> <p>(GFUC)</p>	<p><b>MODELO</b></p> <p>PED.008.03</p>
---	--	--

aplicam-se os princípios mais importantes da Termodinâmica, nomeadamente a primeira e a segunda Lei da Termodinâmica respetivamente, que são o núcleo central desta unidade curricular. O quinto capítulo destina-se à aplicação dos conceitos e princípios apreendidos nomeadamente na análise do funcionamento básico de uma central termoelétrica. Por último no sexto capítulo discute-se a substância ar atmosférico compreendida como uma mistura de ar seco e vapor de água.

Ao longo da unidade curricular, procura-se sempre que possível, dar ênfase aos problemas ambientais e energéticos que serão relevantes noutras unidades curriculares do curso de energia e ambiente e depois na prática em contexto de trabalho.

#### **4. BIBLIOGRAFIA PRINCIPAL**

##### **Obrigatória**

Cengel, Yunus A. and Boles, Michael A.; (2001) "Termodinâmica", Terceira edição, edição portuguesa, Mechanical Engineering Series, McGraw-Hill, Lisboa. [536.7 CEN]

Moran, Michael J.; and Shapiro, Boettner, Daisie D., Bailey, Margaret B.; (2015) "Principios de Termodinâmica para engenharia", 7rd Ed, SI Version, WILEY, New York. [536.7 MOR]

Haar, Lester, Gallagher John S. and Kell, George S.; (1984) "NBS/NRC STEAM TABLES" Thermodynamic and transport properties and Computer Programs for Vapor and liquid States of Water in SI units, Hemispher Publishing, New York. [536.7 HAA]

Gregório, Jorge; (2022) Coletânea de apontamentos e exercícios de Termodinâmica, IPG, Guarda.

##### **Recomendada**

Jones, J. B. and Hawkins G. A.; (1986) "Engineering Thermodynamics", 2nd Edition, WILEY, New York. [536.7 JON]

Oliveira, Paulo Pimentel de; (2012) "Fundamentos de termodinâmica Aplicada - Análise Energética e Exergética", Lidel edições técnicas, L.da, Lisboa.

Almeida, Guilherme de; (2002) "Sistema Internacional de Unidades (SI)", Grandezas e Unidades Físicas, terminologia, símbolos e recomendações, 3ª edição, Plátano edições técnicas, Lisboa.

Sonntag, Richard E., Borgnakke, Claus; (2009) "Introduction to Engineering Thermodynamics", 7th Edition, WILEY, New York.

Azevedo, Edmundo Gomes de; (2000) "Termodinâmica Aplicada" 2ª Edição, Escolar Editora, Lisboa.

<p><b>POLI</b>  <b>ESCOLA SUPERIOR</b>  <b>TECNOLOGIA</b>  <b>GESTÃO</b></p> <p><b>TÉCNICO</b>  <b>GUARDA</b></p>	<p><b>GUIA DE FUNCIONAMENTO</b>  <b>DA UNIDADE CURRICULAR</b>  (GFUC)</p>	<p><b>MODELO</b>  PED.008.03</p>
---	---	--------------------------------------

## **5. METODOLOGIAS DE ENSINO (REGRAS DE AVALIAÇÃO)**

As metodologias de ensino usadas nas aulas teóricas e teórico-práticas em sala de aula e nas plataformas de ensino à distância (medidas anti Covid-19) são muito variadas e incluem a exposição interativa, o diálogo e os métodos: demonstrativo, interrogativo, estudo de casos e resolução de problemas. A orientação tutorial incide sobretudo no estudo de casos, resolução de problemas e esclarecimento de dúvidas apresentadas pelos alunos.

Tal como consta do regulamento escolar, a avaliação pode ser contínua por frequência, ou por exame final, em época normal ou de recurso. Os alunos com uma classificação igual ou superior a 10 valores, em qualquer uma das épocas de avaliação, obtêm aprovação à unidade curricular.

A avaliação contínua por frequência consiste em duas provas escritas. A primeira prova realizada em meados de maio, vale 9 valores e a segunda realizada no final do semestre na data da frequência vale os restantes 11 valores. As provas escritas são individuais e presenciais. Os alunos que não obtiverem classificação suficiente para aprovação (10 valores) no conjunto das duas provas serão admitidos a exame. O Exame é constituído por uma prova escrita individual e presencial.

## **6. DEMONSTRAÇÃO DA COERÊNCIA DAS METODOLOGIAS DE ENSINO COM OS OBJETIVOS DA UC**

As metodologias de ensino usadas nas aulas teóricas e teórico-práticas tais como a exposição interativa, o diálogo e os métodos: demonstrativo, interrogativo, estudo de casos e resolução de problemas, permitem desenvolver uma compreensão intuitiva dos princípios básicos da Termodinâmica e habilitar os alunos a identificar corretamente os conceitos e a aplicar os princípios fundamentais da Termodinâmica, bem como usar a metodologia correta para solucionar problemas que envolvam balanços de massa energia e entropia. As metodologias empregues contribuem, para compreender o funcionamento básico de um motor e analisar do ponto de vista energético, uma central termoelétrica e discutir a substância ar atmosférico compreendida como uma mistura de ar seco e vapor de água.

A orientação tutorial onde se incide sobretudo no estudo de casos e resolução de problemas serve principalmente para complementar as aulas teóricas e teórico-práticas, com um acompanhamento mais próximo do aluno para esclarecimento de dúvidas. As sessões de orientação tutorial são usadas também para identificar os conteúdos onde os alunos apresentam maiores dificuldades, de forma a tomar medidas atempadamente para diminuir o insucesso escolar.

<p><b>POLI</b>  ESCOLA SUPERIOR  TECNOLOGIA  GESTÃO</p> <p><b>TÉCNICO</b>  <b>GUARDA</b></p>	<p><b>GUIA DE FUNCIONAMENTO  DA UNIDADE CURRICULAR</b>  (GFUC)</p>	<p><b>MODELO</b>  PED.008.03</p>
--	--	--------------------------------------

**7. REGIME DE ASSIDUIDADE**

Os alunos devem estar presentes em todas as aulas para tornar unidade curricular mais interativa e interessante de forma a alcançar os objetivos propostos com maior eficiência.

**8. CONTACTOS E HORÁRIO DE ATENDIMENTO**

Contactos do coordenador da área disciplinar e do docente da unidade curricular

**Coordenador da área científica**

Nome: Professor Doutor Rui Pitarma  
Email: [rpitarma@ipg.pt](mailto:rpitarma@ipg.pt)  
Telefone: 271 220 120 – ext: 1214  
Gabinete nº14

**Docente da unidade curricular**

Nome: Jorge Gregório  
Email: [jgregorio@ipg.pt](mailto:jgregorio@ipg.pt)  
Telefone: 271 220 120 – ext:1205  
Telefone: 963 000 921  
Gabinete nº5

**Horário de atendimento:** quarta feira: das 14:00 às 16:00.

**9. OUTROS**

Para além da assiduidade os alunos devem ser pontuais às aulas para evitar interrupções desnecessárias. As dúvidas devem ser apresentadas no horário de atendimento.

**DATA**

**28 de fevereiro de 2022**

**ASSINATURAS**

*Assinatura dos Docentes, Responsável/Coordenador(a)/Regente da UC ou Área/Grupo Disciplinar*

O(A) Coordenador(a) da Área/Grupo Disciplinar

\_\_\_\_\_

*(Professor Doutor Rui Pitarma)*

O(A) Docente

\_\_\_\_\_

*(Professor Doutor Jorge Gregório)*