

## Ficha de Unidade Curricular LEQB – A3ES

### 1. Caracterização da Unidade Curricular.

- 1.1. Designação da unidade curricular (1.000 carateres).**  
Termodinâmica / Thermodynamics
- 1.2. Sigla da área científica em que se insere (100 carateres).**  
CEE
- 1.3. Duração<sup>1</sup> (100 carateres).**  
Semestral
- 1.4. Horas de trabalho<sup>2</sup> (100 carateres).**  
135
- 1.5. Horas de contacto<sup>3</sup> (100 carateres).**  
Total: 67.5  
T: 42 TP: 13.5 PL: 12
- 1.6. ECTS (100 carateres).**  
5.0
- 1.7. Observações<sup>4</sup> (1.000 carateres).**
- 1.7. Remarks (1.000 characters).**

### 2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo) (1.000 carateres).

José Augusto Paixão Coelho (60 h)

### 3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular (1.000 carateres).

Ruben Anacoreta Seabra Elvas Leitão (75 h)  
Nelson Guerreiro Cortez Nunes (90 h)

### 4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes) (1.000 carateres).

1. Usar leis fundamentais da termodinâmica (TM) macroscópica para a resolução de problemas quantitativos, recorrendo a ferramentas matemáticas apropriadas para a determinação de variáveis e funções de estado.
2. Resolver e interpretar questões teóricas relativas aos conceitos fundamentais da TM, nomeadamente sobre funções e variáveis termodinâmicas e seu relacionamento com situações experimentais concretas.
3. Resolver problemas de complexidade média/avançada identificando os princípios subjacentes para interpretar e criticar os resultados com vista a uma aplicação correta dos conceitos termodinâmicos à engenharia química.
4. Interpretar a representação diagramática do comportamento termodinâmico de substâncias puras e misturas simples.
5. Aplicar os conhecimentos à interpretação de equilíbrios de fases em sistemas multicomponentes, ao equilíbrio químico e eletroquímico nomeadamente: constantes de equilíbrio, composição no equilíbrio, equação de Nernst.

### 4. Intended learning outcomes (knowledge, skills, and competences to be developed by the students) (1.000 characters).

1. Use the fundamental laws of macroscopic thermodynamics to solve quantitative problems, through the

appropriate mathematical tools to determine state variables and functions.

2. Solve and interpret theoretical issues relating to fundamental concepts of TM, including functions and thermodynamic variables and their relationship with experimental concrete situations.
3. Solve problems of medium/advanced complexity by identifying the underlying principles to interpret and criticize the results in view of a correct application of chemical engineering thermodynamic concepts.
4. Interpret the diagrammatic representation of the thermodynamic behavior of pure substances and simple mixtures in real systems.
5. Apply the acquired knowledge to the interpretation of multicomponent, systems and chemical and electrochemical equilibria's phase equilibria, in particular calculation of equilibrium constants, equilibrium composition and Nernst equation.

**5. Conteúdos programáticos (1.000 carateres).**

1. Variáveis e funções de estado. Gás perfeito. Leis de Dalton. Gases reais: eqs. de estado de van der waals, virial e outras. Coorden. críticas e PEC.
2. Lei zero: equilíbrio térmico. 1ª lei: proc. reversíveis e irreversíveis. U, H, Cp e Cv. Efeito de Joule-Thomson. Termoquímica.
3. 2ª e 3ª lei: proc. reversíveis e irreversíveis. Macro e micro entropia e probabilidade. Energias de Helmholtz e Gibbs. Eqs. de Gibbs, rel. de Maxwell, eqs. de Gibbs-Helmholtz.
4. Transf. físicas de substâncias puras. Eq. de Clausius-Clapeyron.
5. Grandezas parciais molares. Eq. de Gibbs-Duhem. Fugacidade. Grandezas de mistura. Leis de Raoult e Henry, Diagr. T-x (destilação, L-L, S-L e V-L).
6. Misturas de líquidos reais. Funções de excesso: Coeficientes de atividade. A equação de Margules, Van Laar. Aplicações ao cálculo dos coeficientes de atividade.
7. Equil. Químico: Keq, eq. de Van't Hoff. Influencia de diverso parâmetros no equilíbrio.

**5. Syllabus (1.000 characters).**

1. Variables & state functions. Perfect gas. Dalton laws, eqns. of State. Critical coordinates, CSP.
2. Zero law: thermal equilibrium. 1st law: reversible processes. U, H, Cp, Cv. Joule-Thomson effect. Thermochemistry.
3. 2<sup>nd</sup> & 3<sup>rd</sup> laws: reversible & irreversible processes. Micro/macro entropy & probability. Helmholtz & Gibbs energies. Gibbs Eqns, Maxwell relations.
4. Pure substances physical transformations., Clausius-Clapeyron eqn, higher order phase transitions.
5. Simple mixtures. Partial molar quantities. Gibbs-Duhem eqn. Fugacity. Mixt. & excess Quantities, Raoult & Henry Laws, T-x diagrams (distillations, L-L & S-L diagr.).
6. Real liquids mixtures. Partial molar quantities, chemical potential and activity coefficient. Multicomponent systems, excess properties. Equation of Margules, Van Laar, Wilson.
7. Chemical: Keq, Van't Hoff Eqn. Influence of several parameters on equilibrium.

**6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular (1.000 carateres).**

Os tópicos do programa cobrem a totalidade das matérias que devem constar de uma UC introdutória de termodinâmica de um curso de licenciatura de engenharia química e biologia.

A sua ordem segue de perto o 1º livro da bibliografia o que facilita ao aluno a consulta para aprofundamento ou resolução de problemas fora das aulas.

Os conteúdos programáticos refletem uma termodinâmica basilar para qualquer curso de engenharia química e biologia pretende com os seus objetivos, já definidos, colocar os alunos com problemas e soluções característicos destas matérias, como se constata quer no programa quer pela literatura atualizada.

Os trabalhos práticos permitem uma maior perceção da matéria com os temas: Equação de estado de gás ideal; Curva de solubilidade fenol-água; Calor de reação; Calor de solução do ácido benzoico; Equivalente elétrico do calor.

**6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes (1.000 characters).**

The program topics cover all matters to be included in an introductory UC thermodynamics of a 1st cycle chemical and biological engineering course.

Except for a small part of topics 1 and 6, topic's order follows closely the 1st book in the bibliography to facilitate the student to deepen theoretical matters, namely, interpretation, or problem solving outside the classroom.

The contents reflect necessary thermodynamics for any chemical and biological engineering course and going with their goals already set, put students with typical problems and solutions thereof, as it turns out either in the program or by the updated literature.

The practical work allows a greater improvement to the matter with the themes: Ideal gas state equation; Phenol-water solubility curve; Heat of Reaction; Benzoic acid solution heat; Electric equivalent of heat.

**7. Metodologias de ensino (avaliação incluída) (1000 carateres).**

Aulas expositivas teóricas (T), interativas e com análise de problemas e sua discussão, com exemplos de aplicação na resolução de problemas teórico-práticas (TP). Aulas de práticas laboratorial (PL) complementam a aplicação à UC.

As PL são de presença obrigatória, assim como a realização dos trabalhos práticos e respetivos momentos de avaliação. Os momentos de avaliação da PL são o desempenho do aluno, relatórios, folhas de análise e mini-testes (TL). Estes elementos são considerados de avaliação pedagogicamente fundamentais para obter aprovação na UC com nota final TL  $\geq 9,50$  valores. Apresentação/discussão do (s) trabalhos quando necessário. Avaliação distribuída com exame final, sem a realização de exames parciais nas épocas de recurso e especiais.

Dois testes parciais (TE1 e TE2): TE1 e TE2  $\geq 8,00$  com média ponderada de (TE1 e TE2)  $\geq 9,50$  (TE).

Sendo EF a classificação do exame final, EF  $\geq 9,50$ .

Nota final (NF):  $NF=0,75TE+0,25TL$  ou  $NF=0,75EF+0,25TL$ , NF  $\geq 9,50$ .

**7. Teaching methodologies (including assessment) (1.000 characters).**

Theoretical lectures (T), interactive, problem analysis and discussion. with examples of application in solving theoretical and practical problems (TP). Laboratory practice classes (PL) complement the application of the course.

The PL classes are compulsory, as is the completion of practical work and the respective reports. The PL are mandatory, as well as the practical work and respective evaluation moments. The moments of PL evaluation are student performance, reports, analysis sheets, and mini tests (LW). These are considered pedagogically fundamental assessment elements to pass the course with a final grade of LW  $\geq 9.50$  values. Discussion of the assignment(s) when necessary.

Distributed assessment with a final exam, without partial exams.

Two partial written tests (WT1 and WT2): WT1 and WT2  $\geq 8.00$  with weighted average of (WT1 and WT2)  $\geq 9.50$  (WT).

Where FE is the mark of the final exam, FE  $\geq 9.50$ .

Final Mark (FM):  $FM=0.75WT+0.25LW$  or  $FM=0.75FE+0.25LW$ , FM  $\geq 9.50$ .

**8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular (3.000 carateres).**

A aprendizagem dos conteúdos programáticos é feita, por um lado, a partir das aulas teóricas onde são apresentados e desenvolvidos os tópicos do programa e, por outro, a partir da resolução, em ambiente de sala de aula e autonomamente, de um conjunto apropriado de problemas propostos aos alunos na sequência da apresentação teórica dos vários tópicos, o que permite aos alunos a adequada aplicação das ferramentas fundamentais da termodinâmica, o desenvolvimento de espírito crítico relativamente aos valores encontrados, o controlo de erros na resolução dos problemas e a interpretação físico-química dos resultados obtidos.

A apresentação teórica com a demonstração de casos práticos do dia-a-dia da termodinâmica, pretende cativar os alunos para um programa sempre desafiante e primordial para a formação em engenharia.

As complementaridades dos trabalhos práticos permitem ao alunos constatar de uma forma imediata as aplicações práticas laboratoriais da UC. Com os objetivos definidos da UC e sua aprendizagem serão fundamentais para UC mais avançadas nas ciências de engenharia como Processos de Engenharia Química e Biológica e Fenómenos de Transferência 1.

**8. Evidence of the teaching methodologies coherence with the curricular unit's intended learning outcomes (3.000 characters).**

The program topics cover all matters to be included in an introductory UC thermodynamics of a 1st cycle chemical engineering course.

Except for a small part of topics 1 and 6, topic's order follows closely the 1st book in the bibliography in order to facilitate the student to deepen theoretical matters, namely, interpretation, or problem solving outside the classroom.

The contents reflect fundamental thermodynamics for any chemical engineering course and going with their goals already set, put students with typical problems and solutions thereof, as it turns out either in the program or by the updated literature.

The complementarity of the practical work allows the students to see an immediate form of laboratory practices of UC applications. With the objectives defined in the UC and your learning will be key to UC's most advanced engineering science as Chemical and Biological Process Engineering and Transport Phenomena 1.

**9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória (1.000 carateres).**

1. de Azevedo, G. M. (2018). *Termodinâmica Aplicada* (4ª ed.). Escolar Editora.
2. Atkins, P. W., & de Paula, J. (2011). *Physical Chemistry* (10<sup>th</sup> ed.). Oxford University Press.
3. Renuncio, J. A. R., Sánchez, J. J. R., & Navarro, J. S. U. (2000). *Termodinâmica Química* (2ª ed.). Síntesis.

---

<sup>1</sup> Anual, semestral, trimestral, ...

<sup>2</sup> Número total de horas de trabalho.

<sup>3</sup> Discriminadas por tipo de metodologia adotado (T - Ensino teórico; TP - Ensino teórico-prático; PL - Ensino prático e laboratorial; TC - Trabalho de campo; S - Seminário; E - Estágio; OT - Orientação tutorial; O - Outro).

<sup>4</sup> Assinalar sempre que a unidade curricular seja optativa.